

Měřič kvality oblohy (amatérské SQM)

Popis HW a výroba

<http://sqm.AstroMiK.org>



STM32F411CEU

SW:	STM32 ATmega328	2025-01-03 (STM32F4x1) 2024-12-30..INT
PCB:	základní deska deska vnitřního GPS deska displeje	SQM-BAS-7 SQM-GPS-6 SQM-DIS-3
3D tisk:	krabička + podstavec	SQM-90

20.1.2025

OBSAH

Úvod.....	2
Rozšiřující bloky.....	3
Výroba.....	5
Webový konfigurační.....	5
Osazení desek.....	7
Osazení desky SQM-BAS.....	7
Osazení desky SQM-DIS.....	7
Osazení desky SQM-GPS.....	8
Úprava hlavního programu.....	9
Úprava desky BlackPill.....	11
Nahrání a případná aktualizace programů.....	13
Nahrání programu do desky BlackPill.....	13
Nahrání programu do desky SQM-GPS.....	17
Nastavení konfigurace GPS.....	20
Testy samostatných desek.....	22
Samostatná deska SQM-BAS.....	22
Samostatná deska SQM-DIS.....	27
Samostatná deska SQM-GPS.....	27
Sestavení desek.....	28
První spuštění.....	36
Mechanika - krabička.....	44
Modul náklonoměru s kompasem LSM303DLHC.....	47
Kalibrace náklonoměru:.....	48
Kalibrace kompasu:.....	49
Expanzní deska s více čidly světla.....	51
Popis elektroniky.....	53
Když něco nebude fungovat:.....	55
Změny v návodu.....	58

Úvod

Tato část návodu popisuje výrobu SQM včetně mechaniky a nahrání programu, testování jednotlivých částí a případné opravy, když něco nebude fungovat.

Rozšiřující bloky

V prvním plánu bylo vytvoření pouze dvou variant SQM:

- Ruční přístroj s displejem, tlačítky a možností osazení GPS, který bude používán v terénu.
- Pevně nainstalovaný přístroj s minimálním vybavením, který bude komunikovat dálkově přes RS485.

Později bylo toto rozdělení přepracováno tak, aby si uživatel mohl zvolit rozsah požadovaných funkcí. Zvolené funkce mají samozřejmě vliv na celkovou cenu, i když v některých případech jsou to spíše desetikorunové částky.

V té nejorezanější verzi je možné jen po stisknutí tlačítka (nebo v automatických intervalech) změřit jas, uložit hodnotu do paměti a přes USB sériovou linku pak uložené záznamy z paměti stáhnout do počítače.

Není k dispozici ani displej, který by hodnotu ukazoval a jedinou signalizací je (nepovinná) RGB LED, která barvami signalizuje základní stavy (probíhající měření, chyby).

V maximální verzi se změřené záznamy zobrazují na displeji, ukládají se kromě paměti i na SD kartu a zároveň se měří teplota, tlak a vlhkost. K záznamům se přidávají i GPS souřadnice, směr namíření čidla (azimut a elevace).

Data je možné stahovat dálkově přes průmyslovou sběrnici RS485 (protokol modbus RTU).

Přes modbus je možné nastavovat i některé systémové parametry (čas, úroveň ukládání hodnot, změnu časové zóny ...).

Když je osazený displej, je možné zobrazit i astronomické výpočty (polohy Slunce a Měsíce, časy soumraků pro zvolenou polohu, polohy a časy východů a západů planet), nebo listovat ve starších záznamech (záznamy se v tom případě zobrazují na displeji ve zjednodušeném formátu).

Osazená akustická signalizace může hned při měření upozornit na nestabilní měřené hodnoty nebo na vybitou baterii.

Rozšíření o alarmové funkce z SQM vytvoří budík, který se v nastavený čas spustí i při vypnutém hlavním vypínači.

Protože možných kombinací rozšíření je strašně moc ($2^{13} = 8192$ různých kombinací), připravil jsem webovou stránku, na které se pomocí zaškrťovacích políček zvolí požadovaná rozšíření a podle zvolené verze se automaticky připraví balík výkresové dokumentace pro osazení desek včetně seznamu součástek pro konkrétní zvolenou variantu.

Součástí balíku jsou také náčrtky připojení vnějších spojů (tlačítka, napájení, svorkovnice ...) a fotografie některých detailů osazení.

Dále jsou v balíku i podklady pro výrobu plošných spojů ve formátu pro Eagle a výstupní gerberovské soubory pro výrobu například tady:

<https://jlcpcb.com>

Webový formulář pro konfiguraci rozšiřujících funkcí je zde:

<http://astromik.org/raspi/sqm/verze411/webconfig/>

Výroba

Webový konfigurátor

Výroba začíná volbou požadovaných funkcí na stránce:

<http://astromik.org/raspi/sqm/verze411/webconfig/>

Generátor dokumentů pro SQM

Konkrétní osazovačky, rozpisky, propojovací schémata a úpravy kódu pro zvolenou variantu SQM

Zaloknutím příslušných políček zvolte požadovaná rozšíření.
Na konci stránky pak stiskněte tlačítko [Generovat dokumenty].
Otevře se stránka s vygenerovanými dokumenty.
Dokumenty je pak možné stáhnout v jednom ZIP archivu (odkaz na konci stránky).
Archiv obsahuje navíc i zjednodušenou rozpisku - optimalizovanou pro tisk.

Způsob zálohování vnitřních hodin (RTC)

Baterie udrží vnitřní hodiny v chodu delší dobu i při vypnutém napájení. Jednou za čas (za rok) je ale nutná výměna.

Superkapacitor je vhodnější pro vykrývání krátkodobých (několikahodinových) výpadků napájení, ale při dostupném hlavním napájení pak pracuje trvale bez nutnosti výměny. Hlavní napájení se stará o jeho udržování v nabíženém stavu.

- 3V baterie
 Supercapacitor



Povinný displej pro ruční verzi

U ruční verze je displej povinný. Jedná se o samostatnou desičku (SQM-DIS-3) s pěti sedmisedimentovými zobrazovacími jednotkami a vlastním řadičem TM1637. U pevně nainstalované verze je displej zbytečný a jeho funkce ve velmi omezené míře zastává RGB LED.

- Displej



Rozšíření o SD kartu

Na SD kartu se ukládají záznamy v čitelném textovém formátu (CSV) a je tak zajištěn jejich jednoduchý přenos do PC k dalšímu zpracování. Mimo to se na SD kartu mohou ukládat i další informace - například o změnách nastavení parametrů, časové odchylky při seřizování času ...



Po stisku tlačítka "Generovat dokumenty" na konci stránky se připraví rozpisky a osazovačky pro zvolenou variantu.

POZOR

Mechanika je v rozpiskách zpracována pouze pro ruční verzi.
V případě pevně nainstalovaného přístroje si musí uživatel s mechanikou poradit sám.

Tuto pevnou variantu jsem zatím mechanicky neřešil.

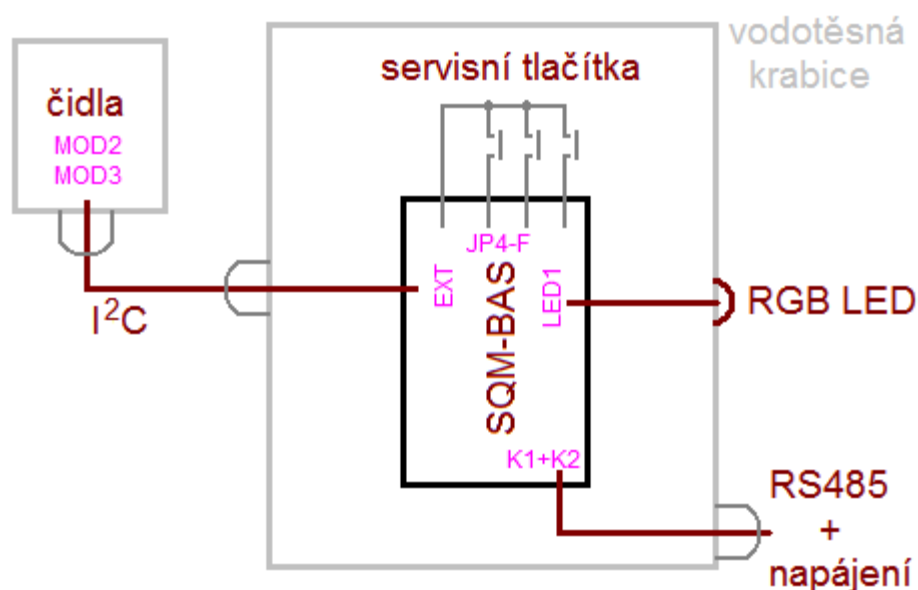
Pravděpodobně to bude nějaká vodotěsná krabička, do které budou přes průchodky přivedena čidla a napájení s komunikací. Samotná čidla také musí být nějakým způsobem ochráněna před počasím.

Protože se u pevně nainstalované varianty nepočítá s displejem, měla by být zvenku vidět alespoň signalizační RGB LED.

Tlačítka nejsou v této verzi důležitá, ale pro případný servis (testování čidel, spuštění zkušebního měření, test nastaveného času,...) by uvnitř krabičky mohla být nějaká miniaturní tlačítka (nebo alespoň rozumně zkratovatelné kontakty) umístěná.

Čidla světla a teploty komunikují na společné I²C sběrnici a mohly by být vyvedeny přes jednu průchodku (připojeno místo konektoru EXT).
Délka kabelu k čidlům by neměla být moc dlouhá. I²C sběrnice se používá obvykle jen pro komunikaci uvnitř krabice, takže délka by neměla přesáhnout několik desítek centimetrů.

Komunikační (RS485) a napájecí kabel (například UTP kabel SXKD-5E-UTP-PE) by byl přiveden do krabičky přes druhou průchodku (připojeno ke svorkovnicím K1+K2).



schématické uspořádání v pevně nainstalované verzi (bez GPS)

Osazení desek

Osazení desky SQM-BAS

Před osazením desek si projděte poznámky před osazením. Je tam upozornění na některé detaily, které by mohly být problematické.

Osadit desku SQM-BAS-7 podle požadovaných funkcí.

Přídavné moduly čidel ale zatím neosazovat.

Nepřipojovat ani další přídavné desky (SQM-GPS-6 ani SQM-DIS-3).

Nevkládat do patice procesorovou desku BlackPill.

Nepřipojovat žádná tlačítka ani konektory (DC-JACK, 9V klip).

Nevkládat SD kartu.

Pokud je osazena verze s 3V zálohovací baterií, tak ji také nevkádat do držáku.

V tomto stavu se později budou provádět základní testy zdrojové a komunikační části desky SQM-BAS-7.

Popsáno v odstavci "[Samostatná deska SQM-BAS](#)"

Osazení desky SQM-DIS

Pokud bude použita deska displeje, osadit ji podle dokumentace.

Nepájet propojovací piny JP1-M a JP2-M.

Jejich délka se nastaví až na závěr při sestavení s deskou SQM-BAS-7 přes distanční sloupky.

Osazení desky SQM-GPS

Pokud bude použita deska zpracování GPS dat (SQM-GPS-6), osadit ji podle dokumentace. Pozor hlavně na propojovací lištu JPx-M a vzdálenost LED od desky.

Detaily v poznámkách před osazením.

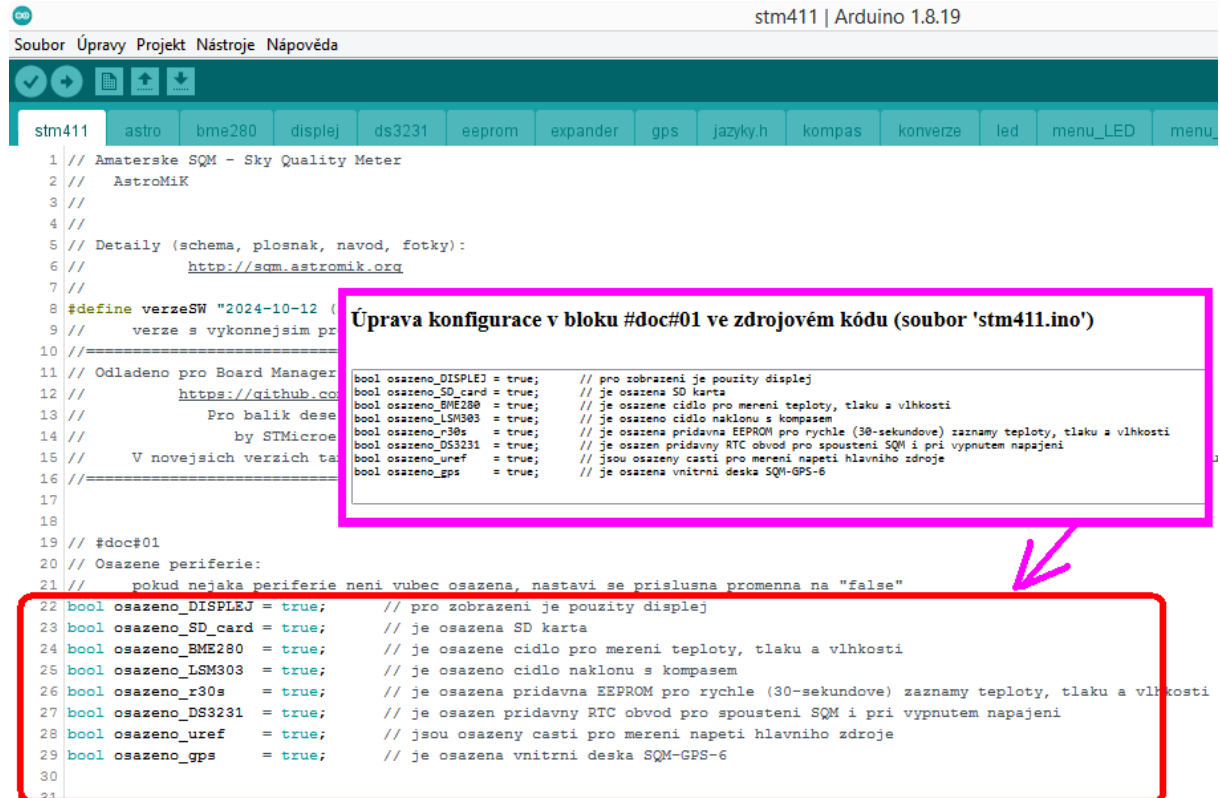
Naprogramovat procesor Atmega328 v desce SQM-GPS-6.
Popsáno v kapitole "[Nahrání programu do desky SQM-GPS](#)"

Vypájet provizorní programovací piny.

Pomocí 4-žilového plochého kablíku (délka asi 6cm) propojit desku SQM-GPS-6 s modulem NEO6-M

Úprava hlavního programu

Podle zvolené varianty je nutné upravit část programu. Jedná se o blok [#doc#01](#) kam se nakopíruje část kódu, vytvořená webovým konfigurátorem.



```
1 // Amaterske SQM - Sky Quality Meter
2 // AstroMiK
3 //
4 //
5 // Detaily (schema, plosnak, navod, fotky):
6 // http://sqm.astromik.org
7 //
8 #define verzeSW "2024-10-12 ("
9 // verze s vykonnejsim pr
10 //
11 // Odladeno pro Board Manager
12 // https://github.co
13 // Pro balik dese
14 // by SIMicroe
15 // V novejsich verzich ta
16 //
17
18
19 // #doc#01
20 // Osazene periferie:
21 // pokud nejaka periferie neni vubec osazena, nastavi se prislusna promenna na "false"
22 bool osazeno_DISPlej = true; // pro zobrazeni je pouzity displej
23 bool osazeno_SD_card = true; // je osazena SD karta
24 bool osazeno_BME280 = true; // je osazene cidlo pro mereni teploty, tlaku a vlhkosti
25 bool osazeno_LSM303 = true; // je osazeno cidlo naklonu s kompasem
26 bool osazeno_r30s = true; // je osazena pridavna EEPROM pro rychle (30-sekundove) zaznamy teploty, tlaku a vlhkosti
27 bool osazeno_DS3231 = true; // je osazen pridavny RTC obvod pro spousteni SQM i pri vypnutem napajeni
28 bool osazeno_uref = true; // jsou osazeny casti pro mereni napeti hlavniho zdroje
29 bool osazeno_gps = true; // je osazena vnitрни deska SQM-GPS-6
30
31
```

V tom samém souboru je možné v bloku [#doc#03](#) zvolit i jazyk, kterým program provádí různé výpisy do sériové linky, na SD kartu a zobrazení textů na displeji.

Angličtina je sice na hrubo připravená, ale ještě není úplně dokonalá. Volba se provádí odkomentováním požadovaného jazyka (vymazání dvou lomítek na začátku řádky) a zakomentováním nepoužitého jazyka (doplnění dvou lomítek na začátek řádky)

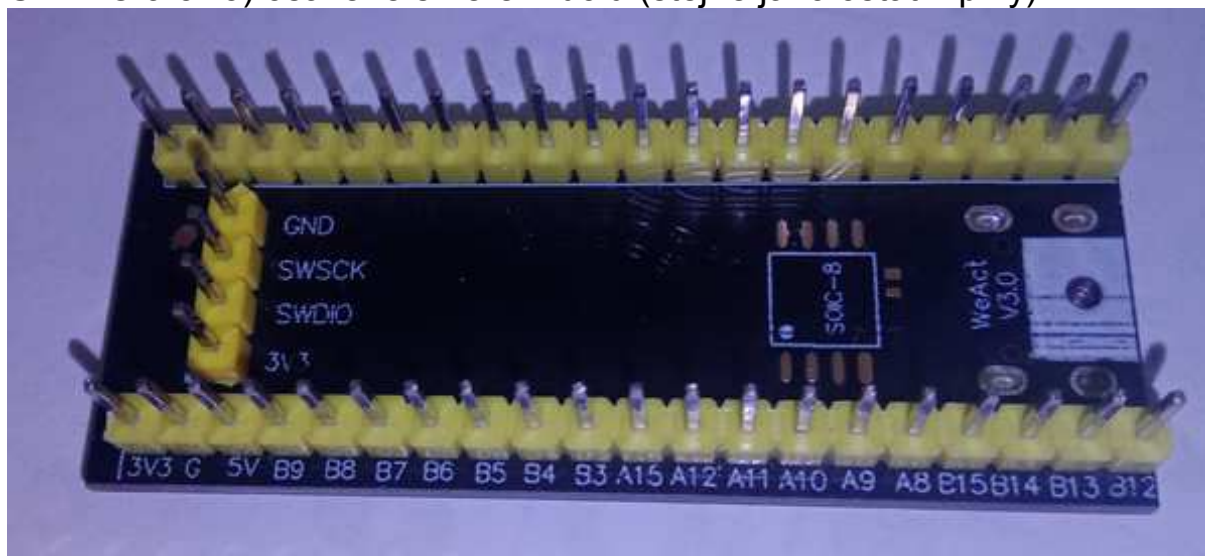
```
41 // #doc#03
42 // vybrat jazyk
43 #define CZ_language // cestina
44 // #define EN_language // anglictina je
45
```

Program je přednastavený pro ukládání hodnot všech (i nepoužitých) čidel do EEPROM. V bloku [#doc#05](#) je možné pro nepoužitá čidla ukládání omezit.

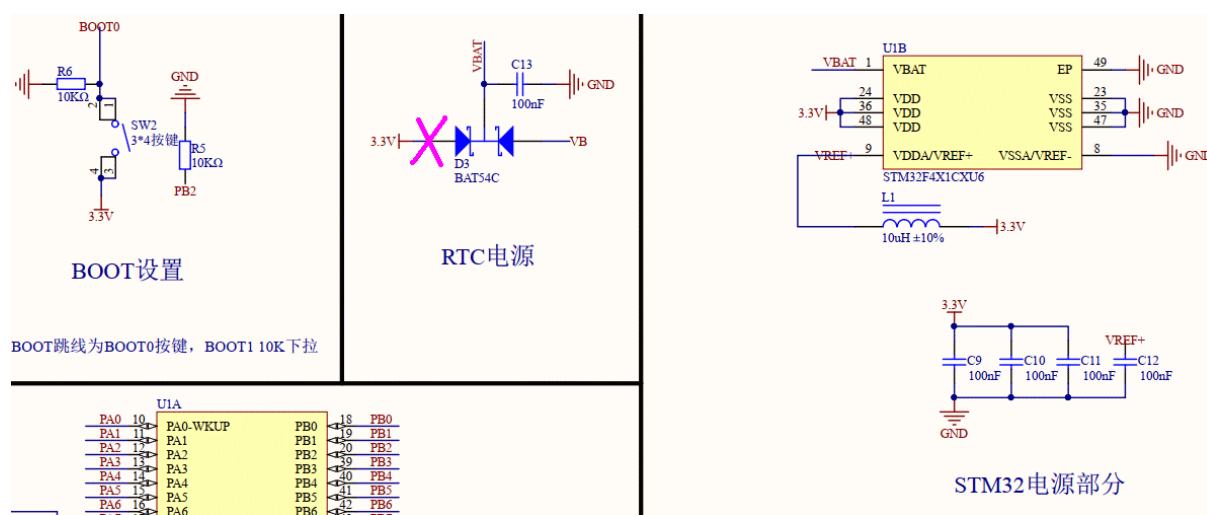
Detailní postupy pro úpravy konfigurace programu jsou uvedeny v samostatném programovacím návodu (soubor "[sqm_program.doc](#)").

Úprava desky BlackPill

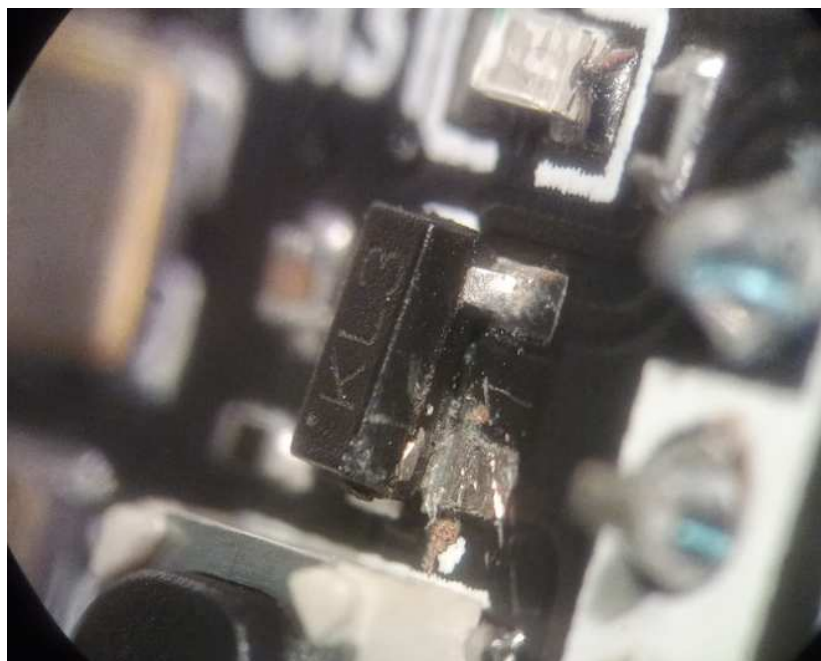
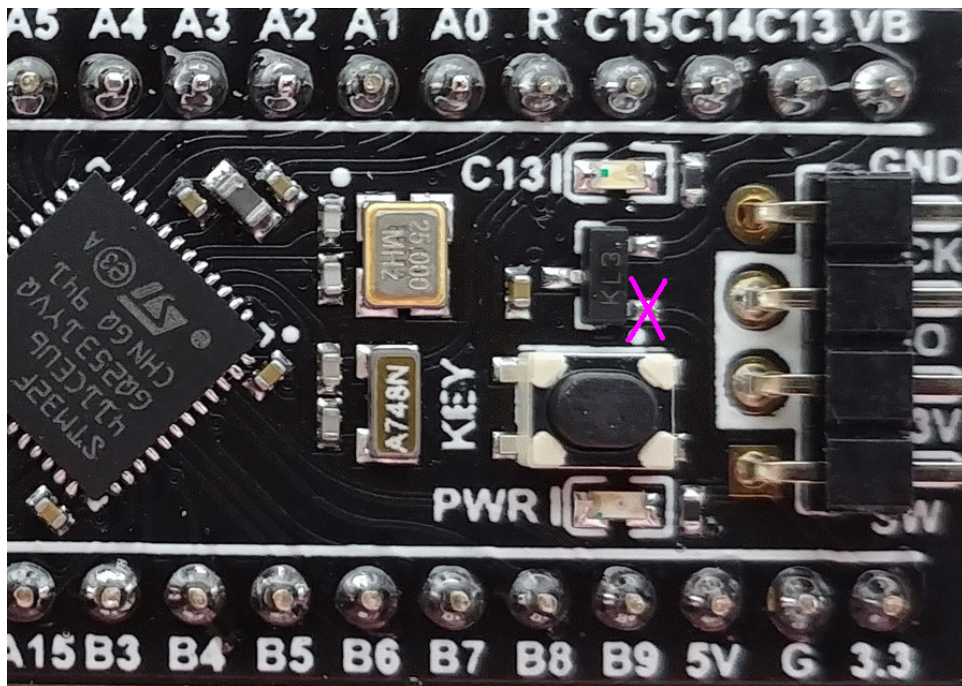
Procesorová deska BlackPill musí mít boční piny (GND, SWCK, SWDIO a 3V3) osazené směrem dolů (stejně jako ostatní piny).



Pro správné měření napětí 3V zálohovací baterie je nutné uříznout na desce BlackPill nohu na diodě D3 (na některých schématech označovaná jako D1) - BAT54C. Tato dioda slučuje napájení procesoru a 3V zálohovací baterii do měřicího vstupu. Bez této operace by se místo napětí baterie měřilo napájecí napětí procesoru.



Část schématu s naznačeným přerušením napájecí sběrnice 3,3V a vstupem pro měření napětí baterie VBAT



Detail přerušení anody u dvojdiody D3 (někde označovaná jako D1)

Pro snížení proudového odběru z baterie je možné odpájet i PWR LED. Úspora je ale téměř nezatelná.

Nahrání a případná aktualizace programů

Nahrání programu do desky BlackPill

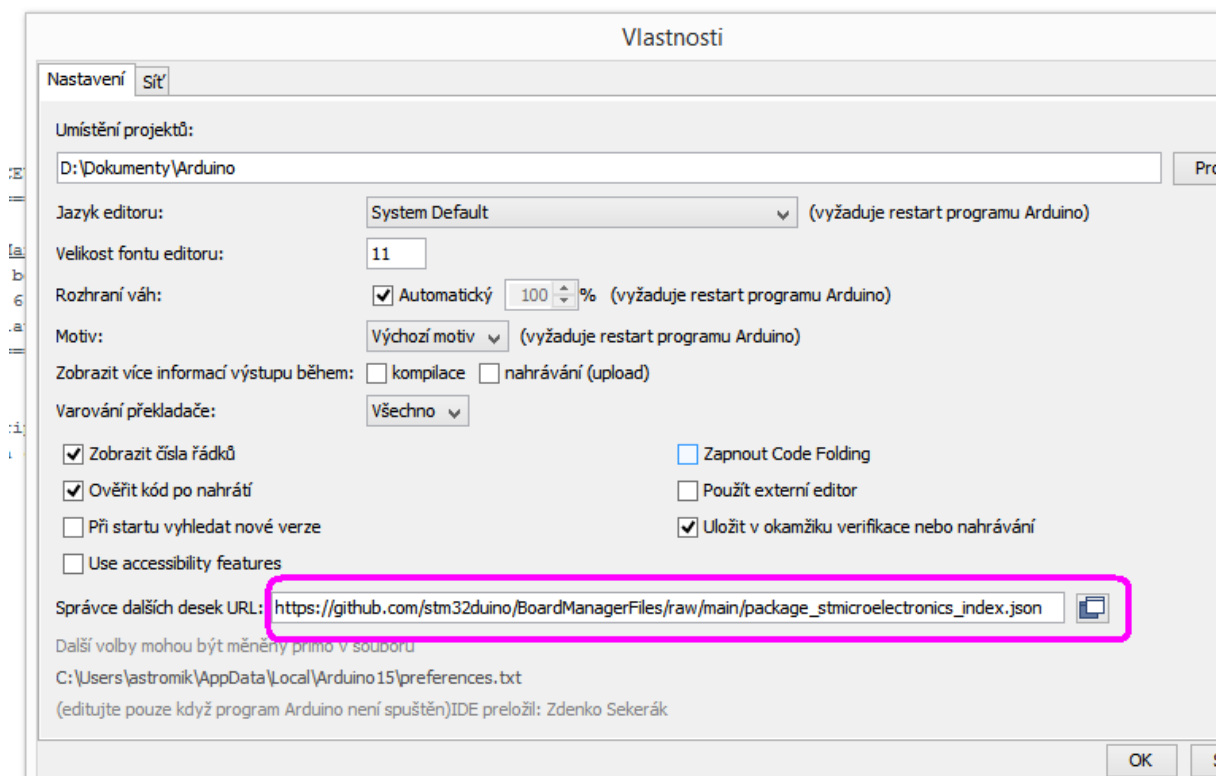
V první řadě je nutné připravit Arduino IDE na práci s procesory STM. Na internetu je možné najít množství přesných návodů s různými verzemi knihoven na rozšíření IDE pro práci s procesory STM. Já jsem jako základ použil tenhle:

https://www.sgbotic.com/index.php?dispatch=pages.view&page_id=49

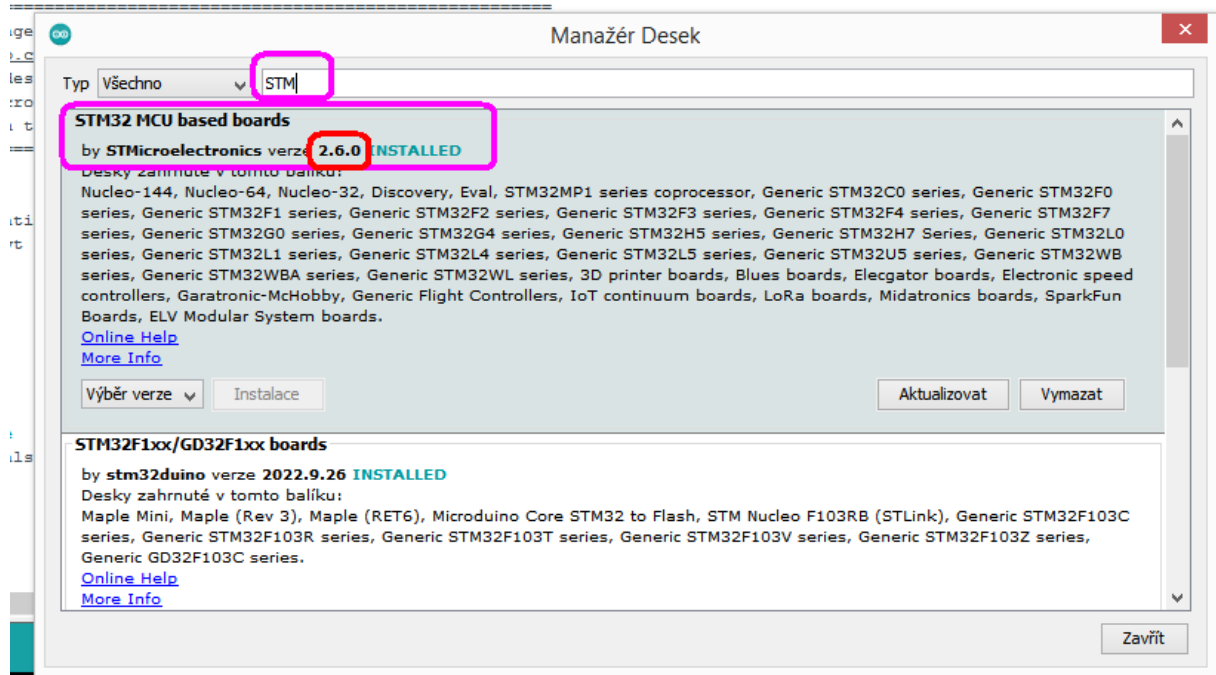
Je ale už trochu zastaralý, takže je třeba nastavit jinou URL správce desek.

Postup je následující (odzkoušeno na Arduino IDE verze 1.8.19; Windows 8.1 - 64-bit):

1) V menu "Soubor" -> "Vlastnosti" nastavit URL správce dalších desek: https://github.com/stm32duino/BoardManagerFiles/raw/main/package_stmicroelectronics_index.json

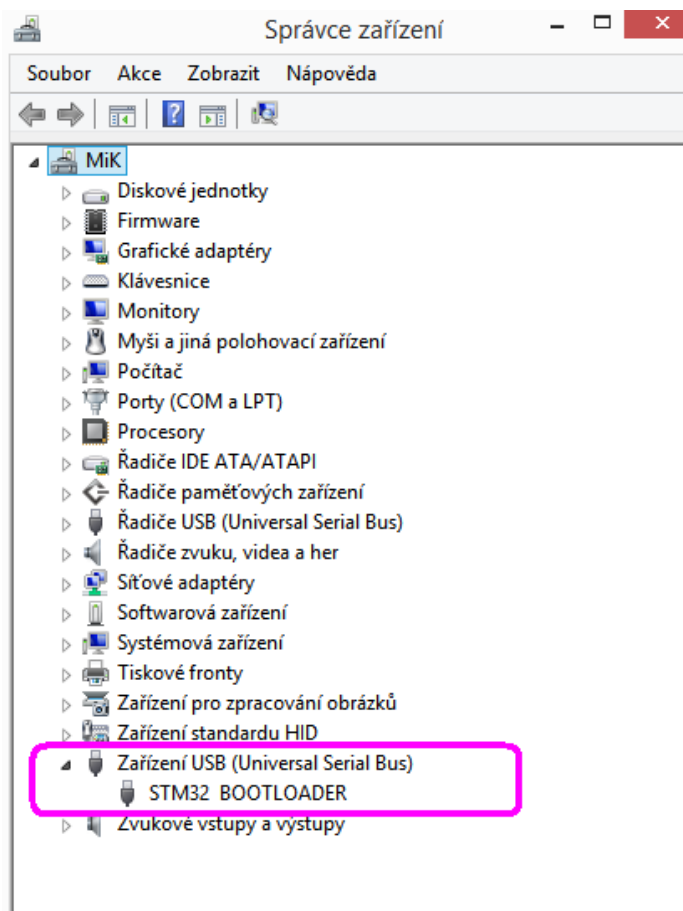


2) v menu "Nástroje" -> "Vývojová deska" -> zvolit "Manažer desek"
Do vyhledávacího políčka zadat: STM
Měla by se zobrazit knihovna STM32MCU based boards.
Nainstalovat STARŠÍ verzi 2.6.0! V nových verzích pořád něco upravují a já už nemám sílu neustále program přizpůsobovat.)



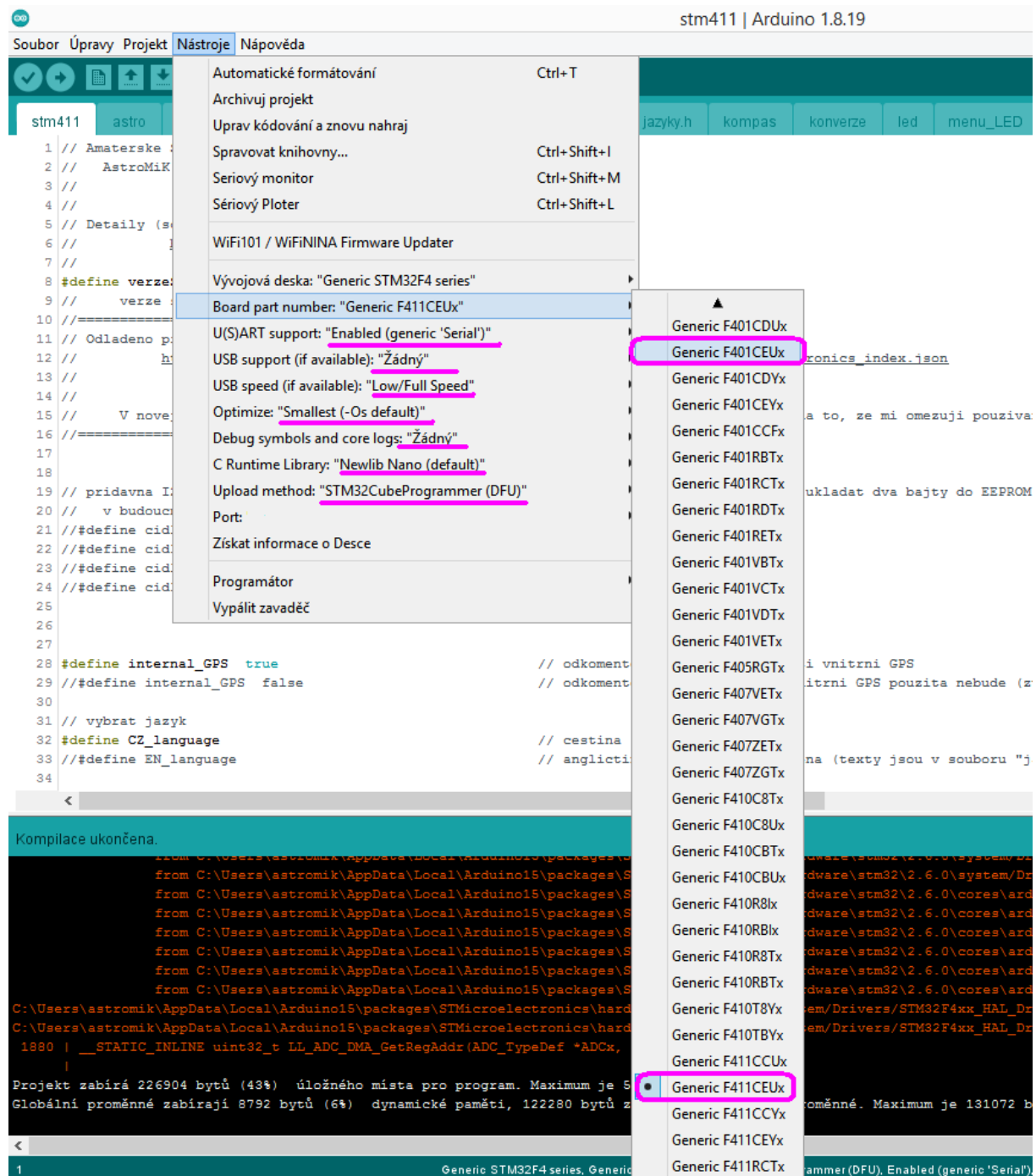
3) Dalším krokem je instalace programu STM32CubeProg ze stránek:
<https://www.st.com/en/development-tools/stm32cubeprog.html>

4) Po připojení samotné desky BlackPill přes USB-C konektor do PC a po přepnutí do bootovacího režimu (stisk a držení tlačítka BOOT0 současný krátký stisk tlačítka NRST a následné uvolnění tlačítka BOOT0), by se měla deska objevit ve správci zařízení.



5) Do složky "Dokumenty\Arduino\Libraries\" nakopírovat potřebné knihovny:

6) Pak už stačí v menu Arduino IDE nastavit správný typ procesoru na desce BlackPill (STM32F411CEU, nebo STM32F401CEU) a parametry.



7) V menu "Projekt" zvolit položku "Nahrát". Proběhne kompilace následovaná nahráním programu do procesoru.

Takto by mělo vypadat hlášení po úspěšném nahrání programu do procesoru STM32F401 (pro verzi "2024-10-12"):

Projekt zabírá 228920 bytů (43%) úložného místa pro program. Maximum je 524288 bytů.

Globální proměnné zabírají 8816 bytů (8%) dynamické paměti, 89488 bytů zůstává pro lokální proměnné. Maximum je 98304 bytů.

```
-----  
STM32CubeProgrammer v2.14.0  
-----
```

```
USB speed      : Full Speed (12MBit/s)  
Manuf. ID     : STMicroelectronics  
Product ID    : STM32 BOOTLOADER  
SN            : 3395364B3334  
DFU protocol  : 1.1  
Board         : --  
Device ID     : 0x0433  
Device name   : STM32F401xD/E  
Flash size   : 8 MBytes (default)  
Device type   : MCU  
Revision ID   : --  
Device CPU    : Cortex-M4
```

Memory Programming ...

Opening and parsing file: stm411.ino.bin

```
File          : stm411.ino.bin  
Size         : 224.01 KB  
Address      : 0x08000000
```

Erasing memory corresponding to segment 0:

Erasing internal memory sectors [0 5]

```
erasing sector 0000 @: 0x08000000 done  
erasing sector 0001 @: 0x08004000 done  
erasing sector 0002 @: 0x08008000 done  
erasing sector 0003 @: 0x0800c000 done  
erasing sector 0004 @: 0x08010000 done  
erasing sector 0005 @: 0x08020000 done
```

Download in Progress:

File download complete

Time elapsed during download operation: 00:00:22.209

RUNNING Program ...

```
Address:      : 0x8000000
```

Start operation achieved successfully

Kdyby bylo nutné v budoucnu aktualizovat program v zasunuté procesorové desce BlackPill, je třeba vypnout vypínač na GPS desce. Zapnutá GPS blokuje nahrávání programu přes USB-C.

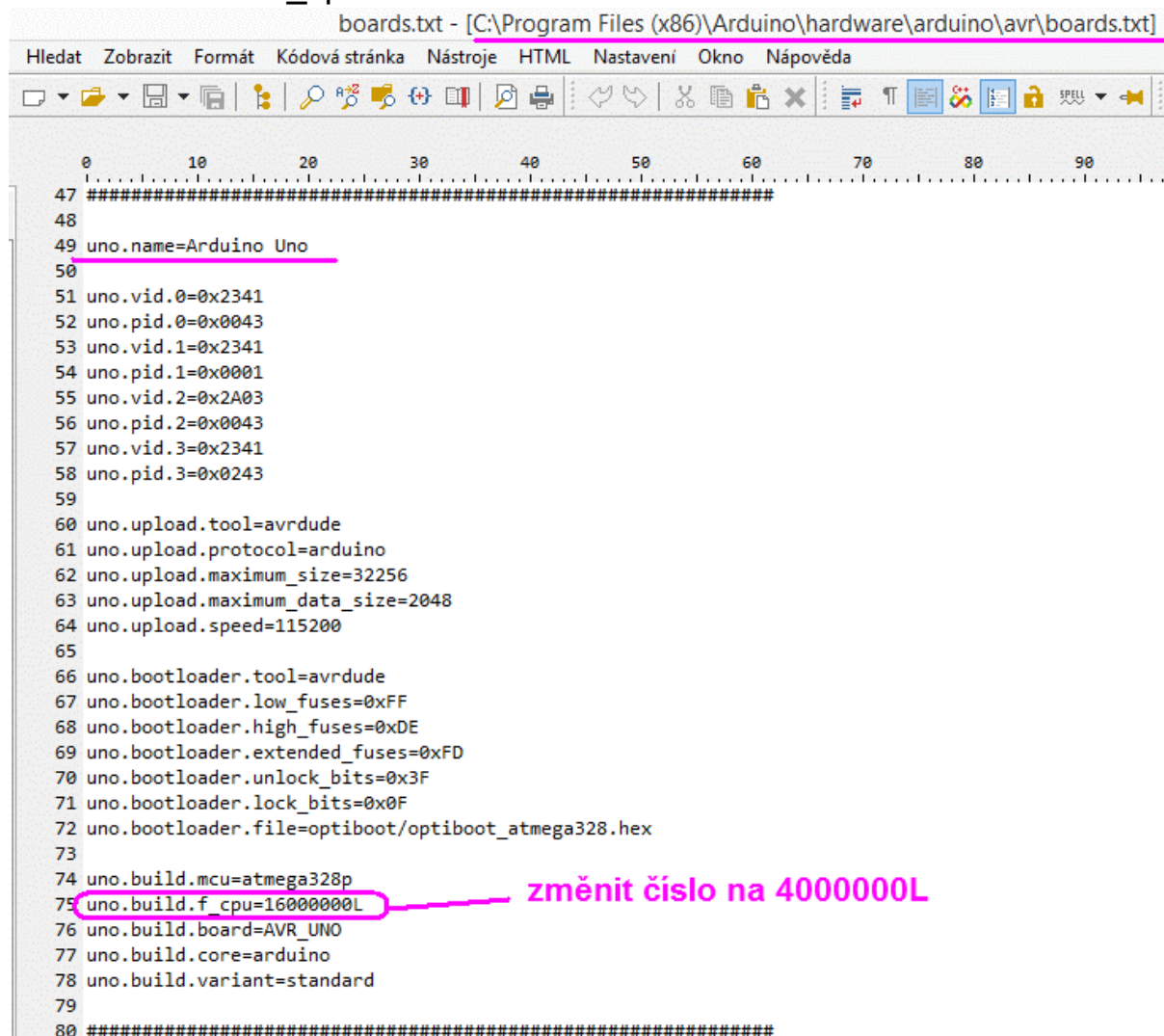
Nahrání programu do desky SQM-GPS

Dočasně přenastavit konfigurační soubor pro Arduino UNO tak, aby pracoval na 4MHz.

Ve Windows se to provede úpravou souboru:

C:\Program Files (x86)\Arduino\hardware\arduino\avr\boards.txt

V sekci "Arduino Uno" se upraví hodnota
"uno.build.f_cpu" z 1600000L na 400000L



```
boards.txt - [C:\Program Files (x86)\Arduino\hardware\arduino\avr\boards.txt]
Hledat  Zobrazit  Formát  Kódová stránka  Nástroje  HTML  Nastavení  Okno  Nápověda

0      10     20     30     40     50     60     70     80     90
47 #####
48
49 uno.name=Arduino Uno
50
51 uno.vid.0=0x2341
52 uno.pid.0=0x0043
53 uno.vid.1=0x2341
54 uno.pid.1=0x0001
55 uno.vid.2=0x2A03
56 uno.pid.2=0x0043
57 uno.vid.3=0x2341
58 uno.pid.3=0x0243
59
60 uno.upload.tool=avrdude
61 uno.upload.protocol=arduino
62 uno.upload.maximum_size=32256
63 uno.upload.maximum_data_size=2048
64 uno.upload.speed=115200
65
66 uno.bootloader.tool=avrdude
67 uno.bootloader.low_fuses=0xFF
68 uno.bootloader.high_fuses=0xDE
69 uno.bootloader.extended_fuses=0xFD
70 uno.bootloader.unlock_bits=0x3F
71 uno.bootloader.lock_bits=0x0F
72 uno.bootloader.file=optiboot/optiboot_atmega328.hex
73
74 uno.build.mcu=atmega328p
75 uno.build.f_cpu=1600000L
76 uno.build.board=AVR_UNO
77 uno.build.core=arduino
78 uno.build.variant=standard
79
80 #####
```

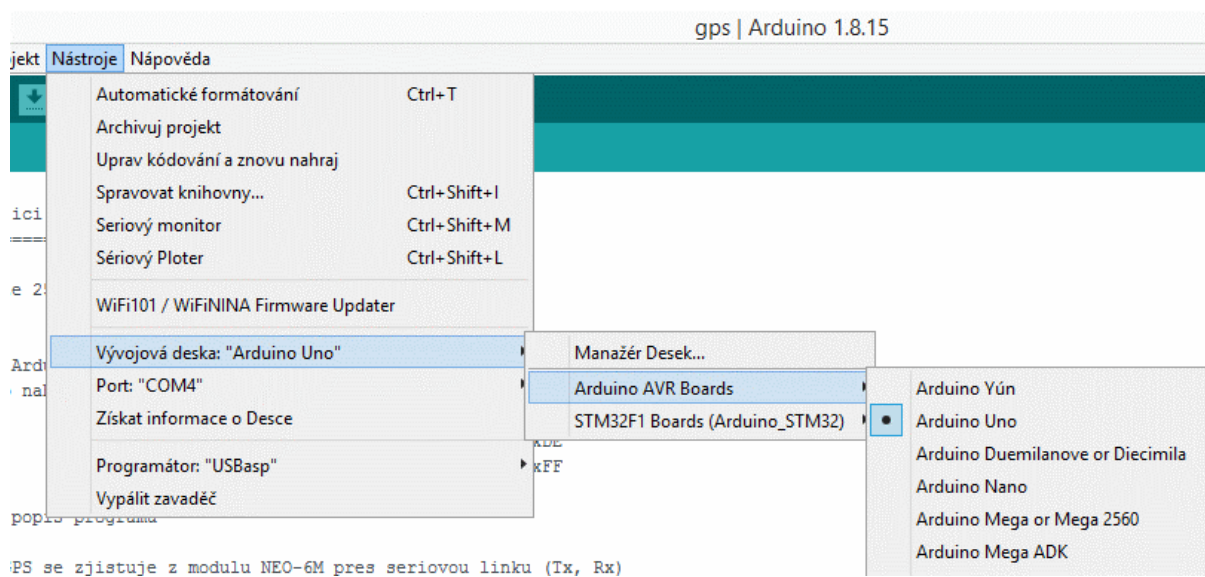
POZOR:

Umístění souboru boards.txt může být i jiné.

Po nějakém čase jsem chtěl aktualizovat program a umístění souboru se změnilo:

C:\Users\astromik\AppData\Local\Arduino15\packages\arduino\hardware\avr\1.8.4\boards.txt

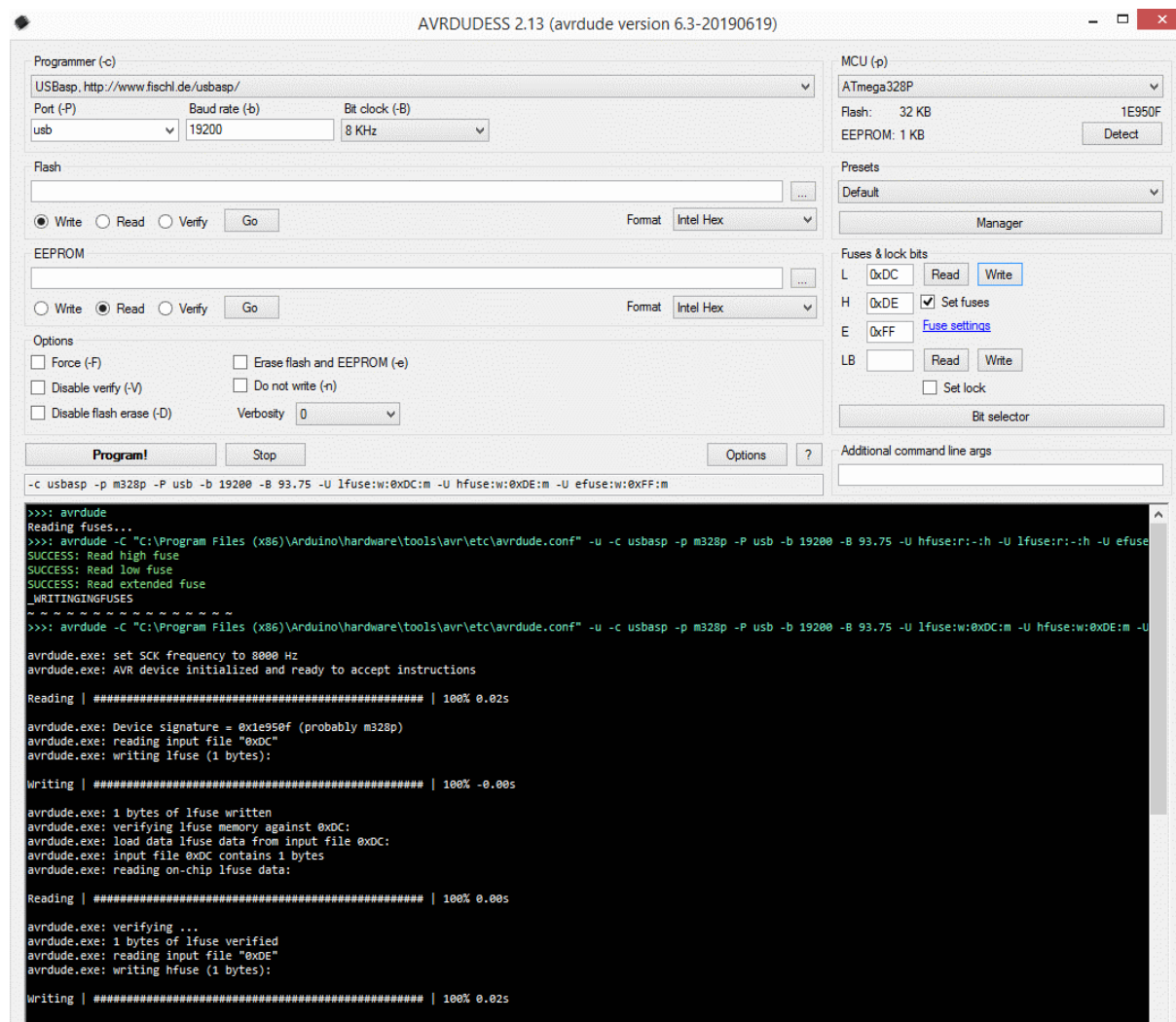
Přes ISP piny (MISO,MOSI,SCK,RST) nahrát do ATmega328 program "gps_int.ino" (v nastavení desky zvolit "Arduino UNO")



Vrátit zpět úpravu konfiguračního souboru "boards.txt".

Potom přes AVRDUDESS změnit FUSE:

z původních	-->>	na nové
L: 0xF7		L: 0xDC
H: 0xD9		H: 0xDE
E: 0xFC		E: 0xFF



Po nahrání programu do desky SQM-GPS a úpravě FUSE bajtů vypnout napájení programátoru.

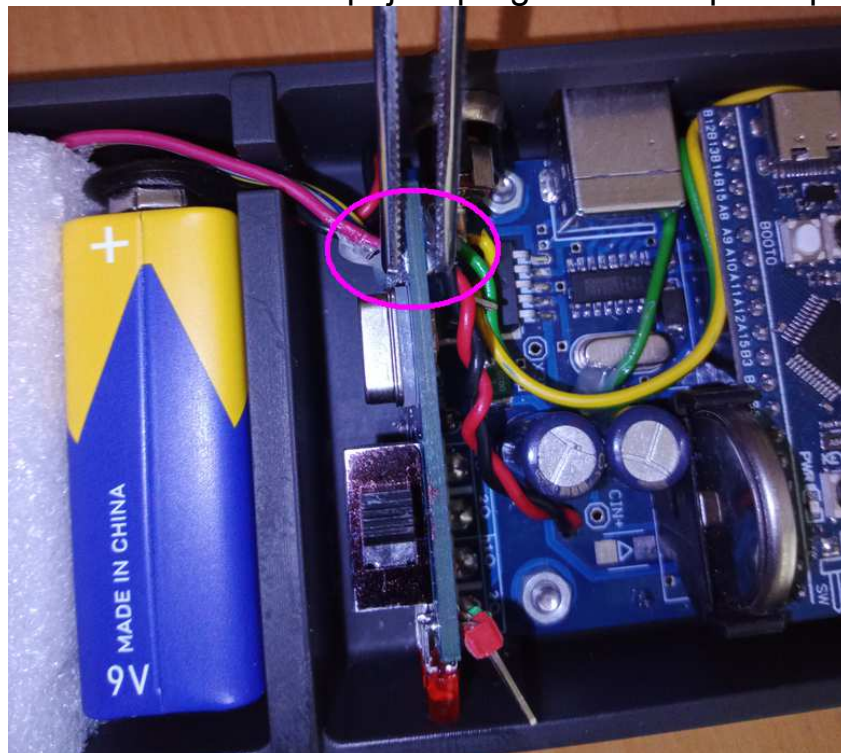
POZOR:

Pokud by bylo třeba přeprogramovat desku SQM-GPS až po připojení k SQM-BAS, je nutné, aby byl vypínač na desce SQM-GPS v poloze **VYPNUTO!**

Programátory mohou používat napájecí napětí 5V. Procesoru ATmega328 na desce SQM-GPS toto napětí nevadí, ale při sepnutém vypínači by se těch 5V přeneslo i na ostatní čidla a procesor STM32F411, které jsou dimenzovány pouze na 3,3V. Tím by pravěpodobně došlo k jejich zničení.

Nastavení konfigurace GPS

Při vypnutém napájení propojit pinzetou servisní pin na horní straně desky SQM-GPS a následně napájení programátoru opět zapnout.



Operace se provádí na samotné desce GPS, která ještě není připojena do BAS. Tato fotografie byla pořízena až po propojení desek BAS a GPS.

Po zapnutí napájení se sepnutým servisním kontaktem by měly nejdřív 5x bliknout všechny LED frekvencí 1Hz (střída 50%).

Pak se začnou pomalu postupně rozsvěcet a zhasínat.

Při tom je možné propojovací pinzetu odstranit.

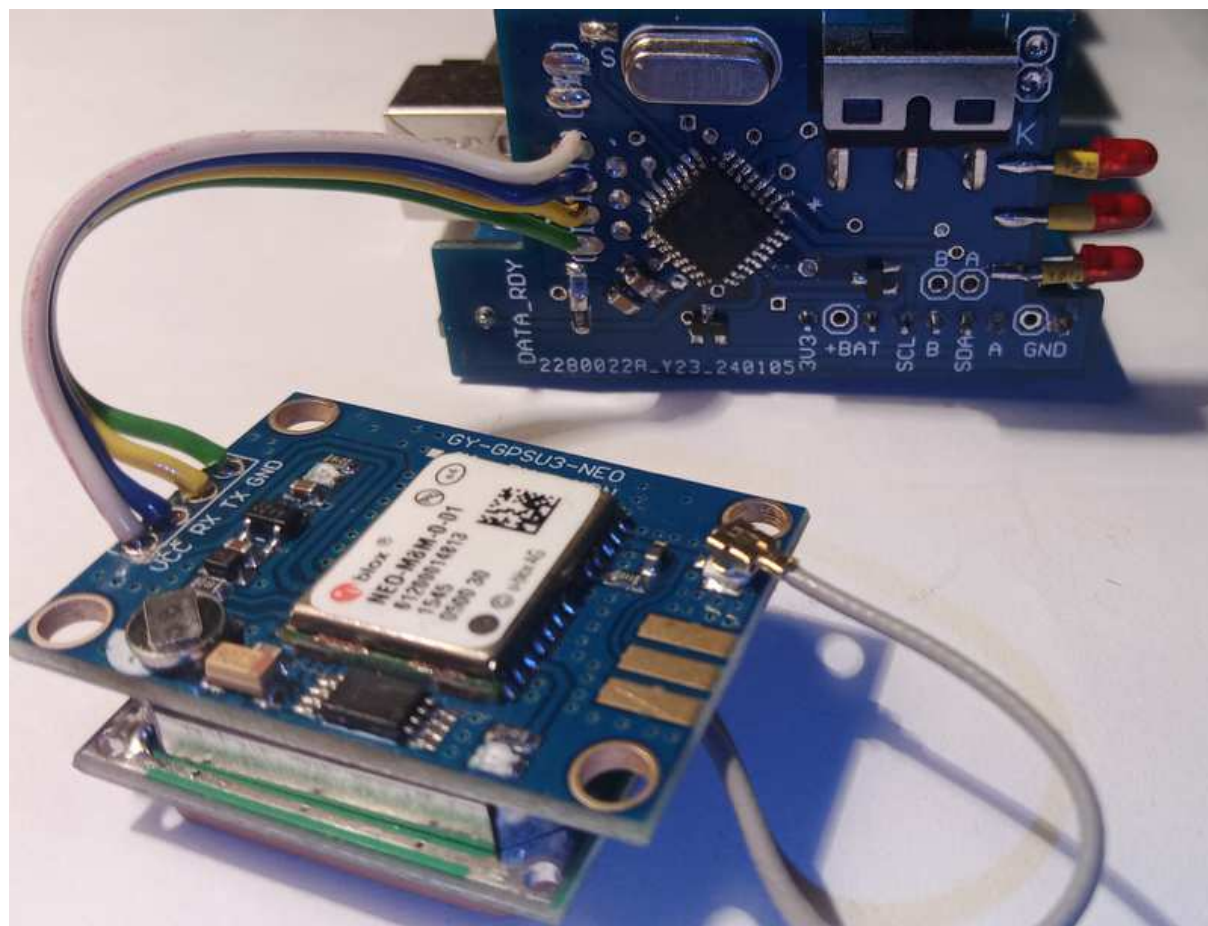
Asi po 30 sekundách se znovu rozblíkají všechny LED (střída 10%).

Tím je provedena základní konfigurace GPS modulu (zablokování nechtěných NMEA zpráv a povolení zpráv GxGGA a GxRMC).

Vypnout napájení programátoru.

Odpojit ISP vodiče a případně i vypájet ISP piny.

Plochý kablík z modulu NEO-6 připájet k desce SQM-GPS-6



Při dalším zapnutí napájení bez zkratované servisní propojky už bude GPS deska pracovat normálně. První LED zdola bliká frekvencí 1Hz, ostatní LED nejdřív svítí a po zafixování družic postupně zhasnou. Zafixování může trvat i delší dobu v závislosti na počasí a výhledu na oblohu.

Kvůli novějším GPS modulům NEO, které nemají EEPROM, do které by se ukládala konfigurace, se v posledních verzích FW při každém zapnutí napájení nastavuje konfigurace znovu. Je to ale ve zrychleném režimu který je signalizován postupným rozsvěcením bočních LED.

Ukázkové video:

<https://youtu.be/Dz852uCeeco>

Testy samostatných desek

Samostatná deska SQM-BAS

POZOR!

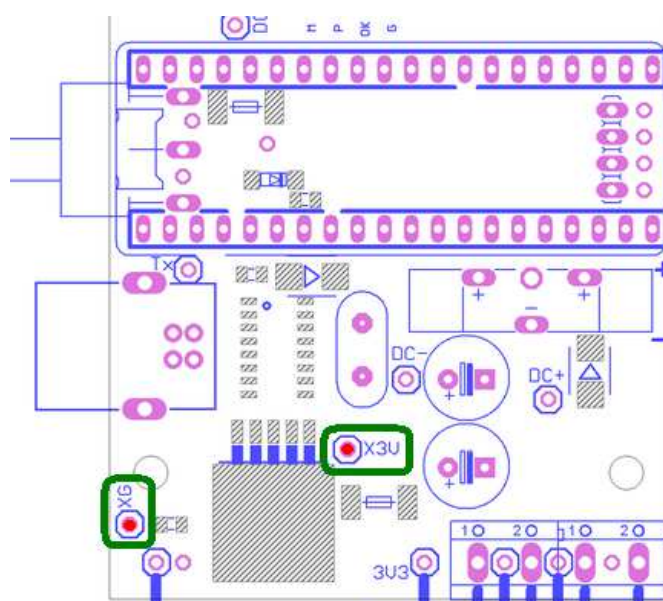
V této fázi:

- nekládat modul s procesorem
- nekládat SD kartu
- nepřipojovat čidlo světla ani čidlo teploty / vlhkosti / tlaku
- nepřipojovat čidlo náklonu / kompas
- nepřipojovat desku SQM-DIS
- nepřipojovat desku SQM-GPS

Na následujících fotografiích mohou být vidět některé z těchto věcí připojené, ale je to z toho důvodu, že návod vznikal dodatečně - až s hotovým zařízením.

1) Kontrola zkratu na napájení. Stačí ohmmetrem vyzkoušet, že není zkrat mezi body "XG" a "X3V". Přesnou hodnotu odporu tu uvádět nebudu, asi se bude hýbat podle toho, jak se budou nabíjet napájecí kondenzátory. V žádném případě to ale nesmí být zkrat. Rizikové oblasti, kde se napájecí cesta přibližuje ke GND, jsou hlavně kolem držáku SD karty a RGB LED. Stalo se mi, že k nechtěnému zkratu došlo později, při pájení modulu s čidlem světla.

Tento test je proto vhodné provádět i po připojení každého dalšího čidla. Zkrat na napájení se hledá dost těžko a obvykle je nutné hledat ho pomocí odřezávání částí cestiček na DPS.



poloha měřících bodů XG a X3V

2) Kontrola DC-DC převodníku:

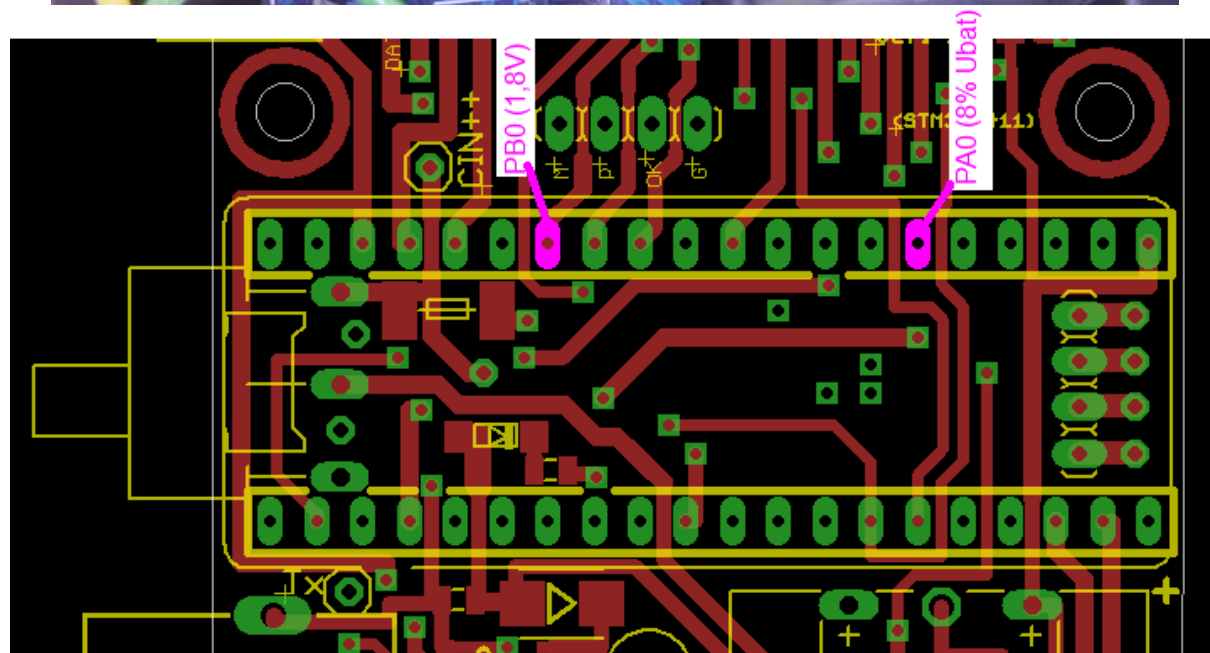
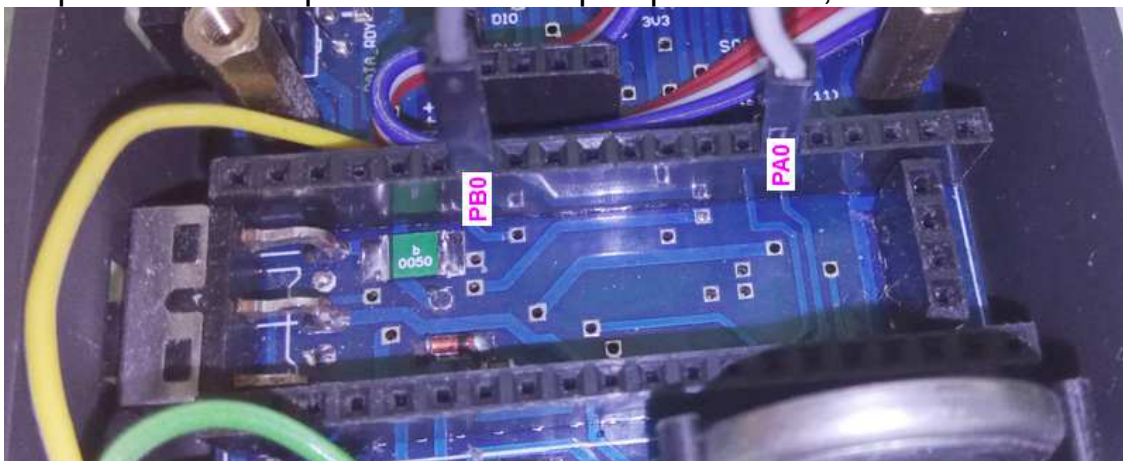
- Připojit voltmetr mezi body "XG" a "X3V".
- Připojit 9V baterii nebo zdroj do svorek "V" a "G" na svorkovnicích K1 a K2 (pokud svorky nejsou osazeny, připájet napájecí vodiče zdroje do dírek "V" a "G").
- Hlavní boční přepínač přepnout do polohy "zapnuto".
- Voltmetr musí ukazovat 3,3V s minimální tolerancí.
- Místo baterie připojit regulovatelný zdroj napětí 3 až 30V.
- Když vstupní napětí překročí 4,5V, musí být napětí na voltmetru (v bodě "X3V") stále 3,3V.
Pod 4,5V může napětí na voltmetru začít klesat.

3) Kontrola reference a děliče R7/R8:

Od vstupního napětí alespoň 3,5V by mělo být na pinu PB0 proti GND vždycky 1,8V.

Na pinu PA0 by mělo být proti GND napětí, které je asi 8% ze vstupního napětí (teoreticky je dělicí poměr: $8,2 / 108,2$).

Ani při 30V na vstupu nesmí toto napětí překročit 3,3V.



3) Kontrola ochrany přepólování:

Na svorky baterie připojit 30V v opačném směru.

Voltmetr nesmí mezi body "XG" a "X3V" ukazovat žádné napětí a odběr ze zdroje 30V musí být také nulový.

4) Kontrola USB komunikace:

Odpojit 9V baterii (nebo zdroj).

Stále bez zasunuté procesorové desky připojit USB konektor k počítači

Měly by se nainstalovat ovladače pro převodník CH340.

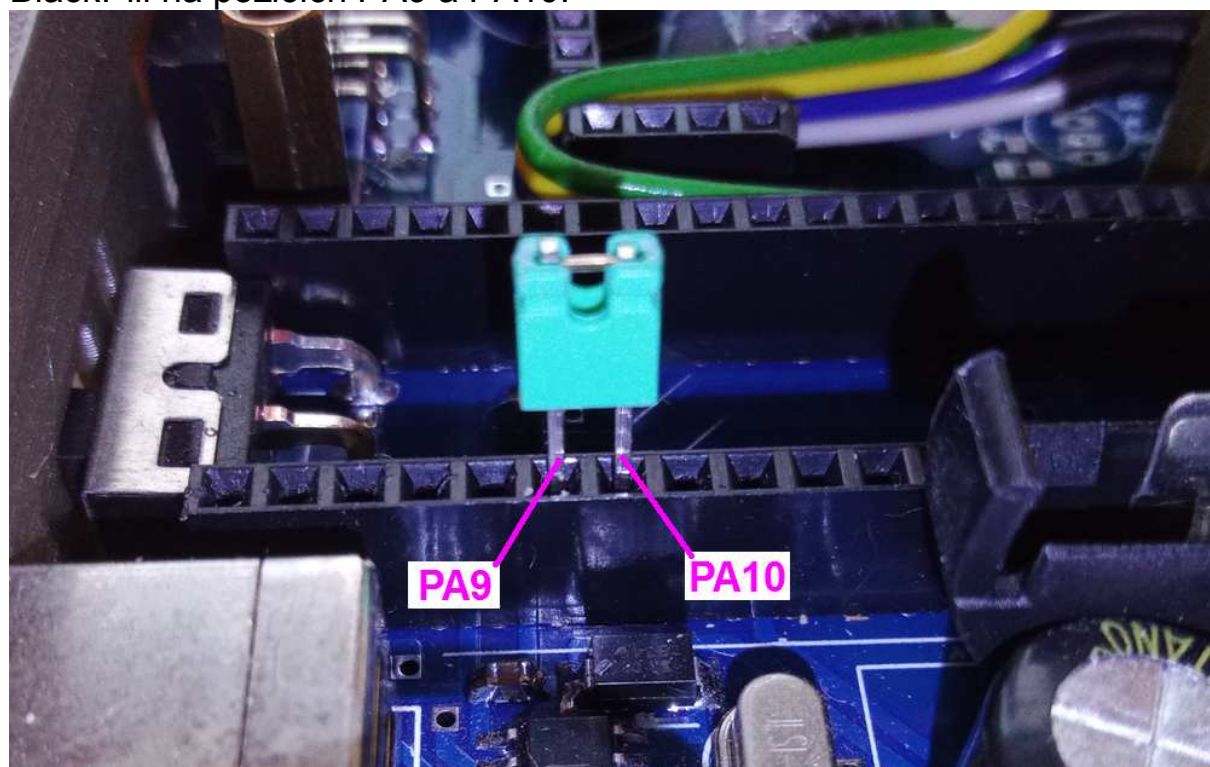
Pokud se nenainstalují, postupovat podle:

<https://havel.mojeservery.cz/ovladace-usb-serioveho-portu-s-cipsetem-ch340ch341-a-arduino-klony/>

nebo:

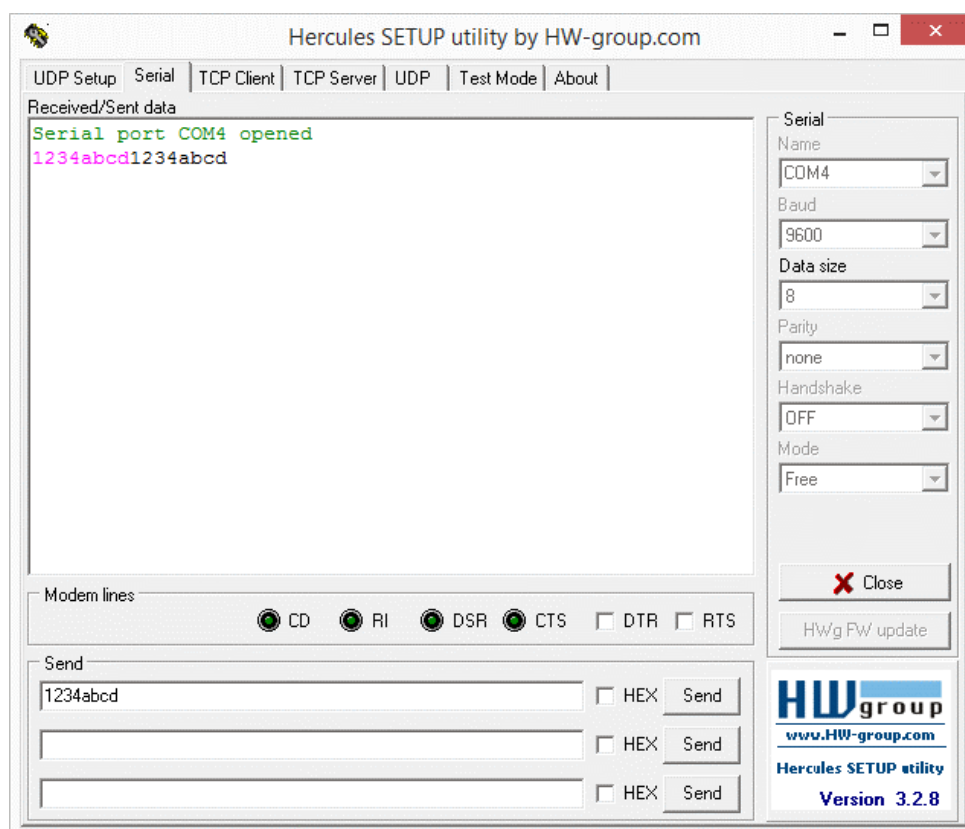
<https://blog.laskarduino.cz/instalace-ovladace-prevodniku-usb-na-uart-ch340/>

Když instalace proběhne správně, propojit dírky v patici pro modul BlackPill na pozicích PA9 a PA10.



V počítači spustit sériový terminál, zvolit správné číslo právě vytvořeného sériového portu, nastavit rychlost na 9600.

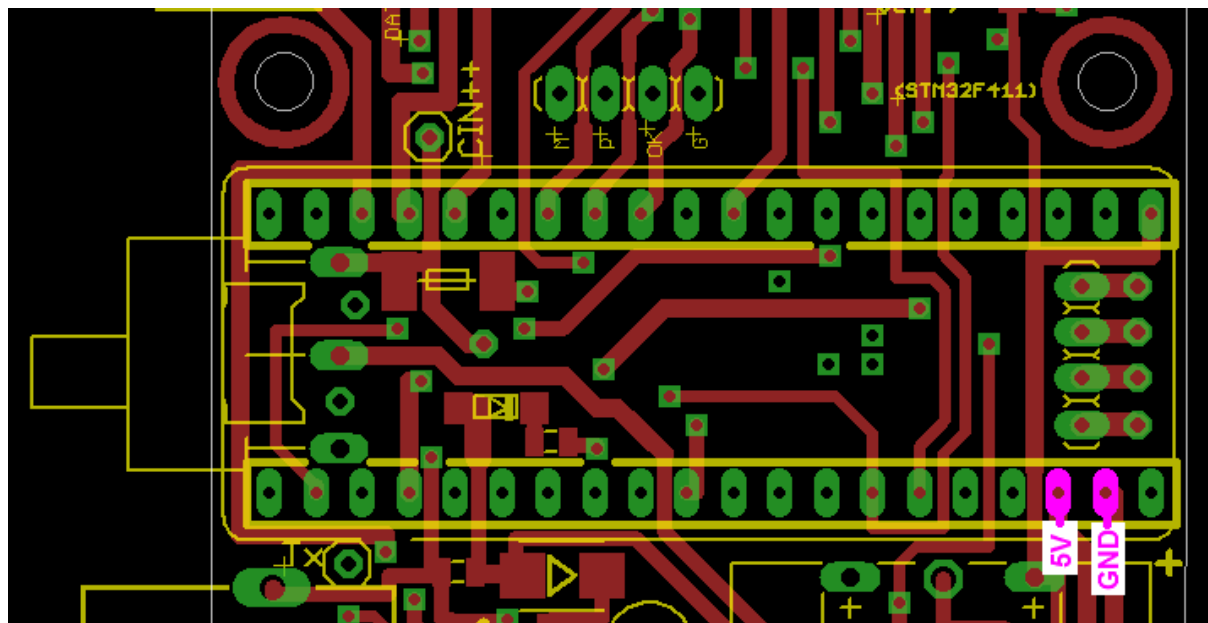
Znaky, které se přes terminál odešlou do linky, se musí okamžitě vracet zpátky.



Vyzkoušet i vyšší rychlosti (až do 115200).

Zrušit propojku mezi PA9 a PA10.

Při připojení USB kabelu ještě zkontrolujte voltmetrem napájecí napětí 5V pro procesorovou desku.



Na těchto pinech by mělo být po připojení USB kabelu napětí asi 5V

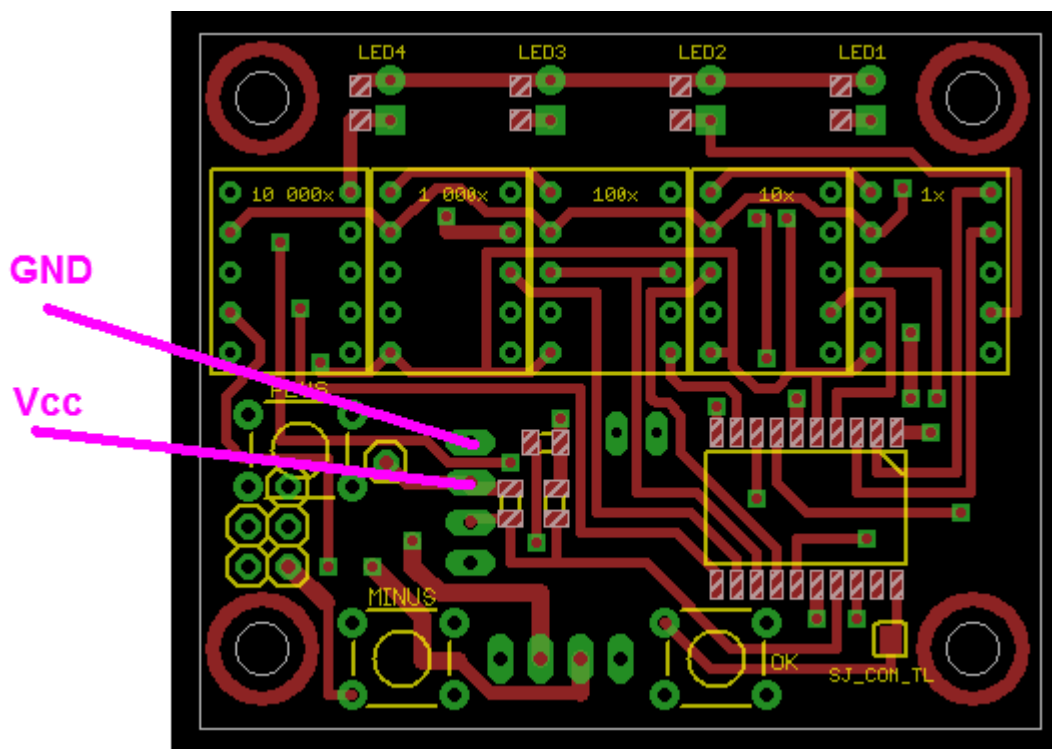


pohled opačným směrem (od čidla světla)

Samostatná deska SQM-DIS

V této fázi by neměly být ještě osazené kolíkové lišty.

Na samotné desce je možné zkontrolovat, že nemá zkratované napájecí cesty. Ostatní testy se provádí až později při spojení s SQM-BAS.



kontrola zkratu na napájecích pinech

Samostatná deska SQM-GPS

Deska SQM-GPS už by měla být otestována tím, že se podařilo nahrát program do procesoru ATmega328.

Okamžitě po zapnutí napájení mělo proběhnout postupné probliknutí všech LED.

Dalším testem je blikání spodní LED (pokud je připojený GPS modul NEO).

Sestavení desek

V této kapitole předpokládám, že se jedná o plně vybavenou ruční verzi přístroje (displej, GPS, čidlo BME280, kompas+náklonoměr). Pokud něco z toho není použito, tak není třeba se tím zabývat.

Pokud je použita deska displeje (SQM-DIS-3), provést sestavení desek SQM-BAS-7 + SQM-DIS-3 přes 15mm dlouhé sloupky.

Nepřipájené propojovací kolíky JP1-M a JP2-M, se při sešroubování desek vytlačí nad horní okraj desky SQM-DIS-3.

Přečnívající kolíky zastříhnout a připájet připájet do SQM-DIS-3.

Tím je zajištěna správná délka propojovacích kolíků mezi deskami SQM-BAS a SQM-DIS

Displejovou desku s připájenými spojovacími piny odebrat aby byl prostor pro instalaci čidel.

K deskám začít připojovat použitá čidla

Pokud je k dispozici krabička, připájet čidlo světla (TSL2591) a v případě, že je použito, tak i čidlo teploty (BME 280).

U čidla světla věnovat zvýšenou pozornost správnému zamíření senzoru proti čočce, která je vlepená do krabičky.

Nejlepší postup je vlepít do krabičky čočku, přišroubovat základní desku bez čidel do krabičky, nastavit správný směr a vzdálenost čidla světla od čočky a připájet jeden vývod.

Podobně provést umístění i čidla teploty.

Když budou čidla správně umístěna, je možné vyndat základní desku z krabičky a dopájet zbylé vývody čidel.

Průběžně kontrolovat zkrat na napájecích vodičích mezi body "XG" a "X3V".



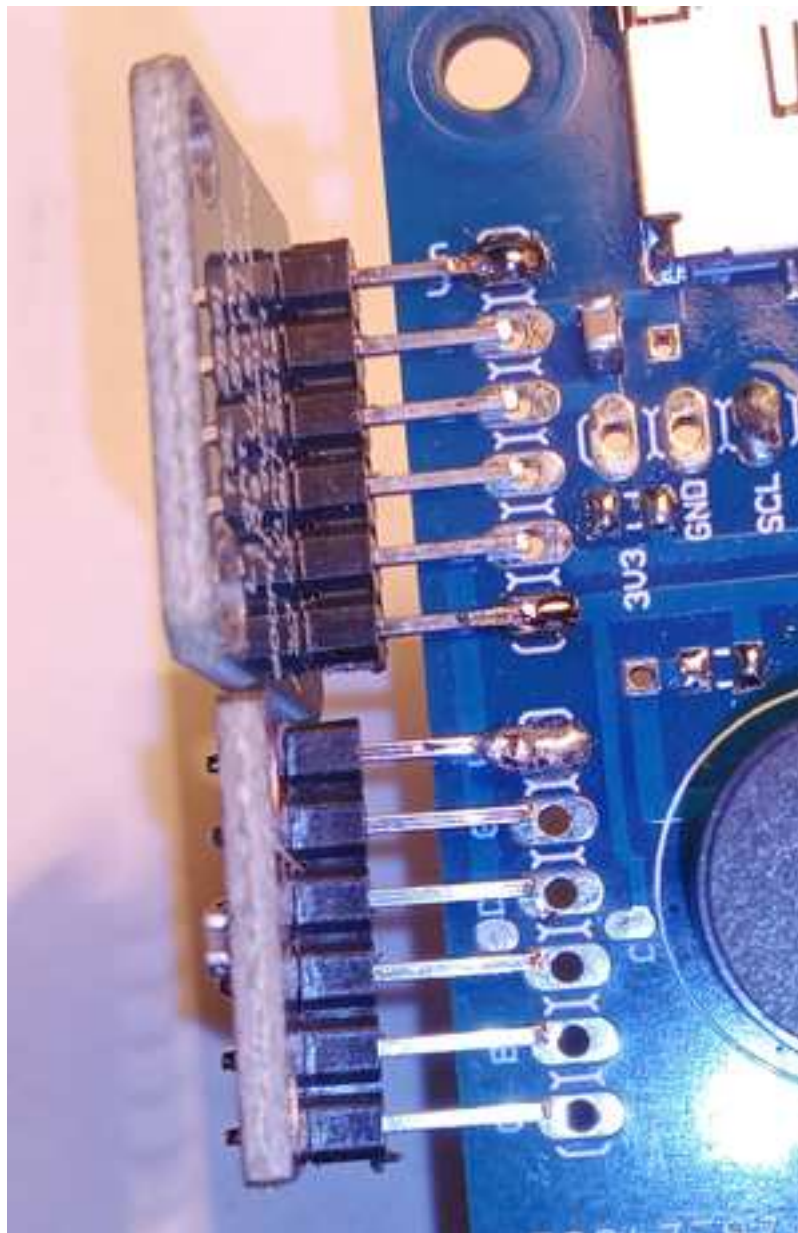
poloha modul čidla světla se seřídí připájením v jednom bodě



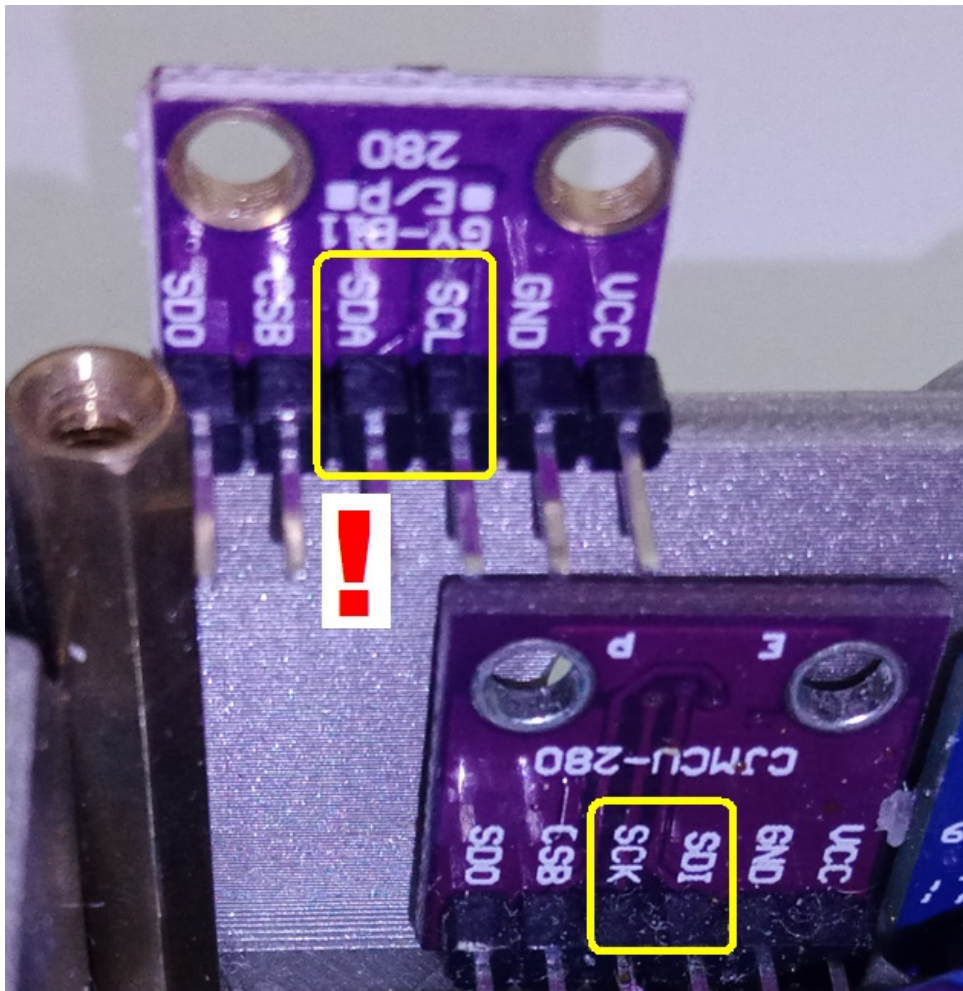
snímací čip přímo proti čočce

Jestliže krabička ještě není vyrobena, je lepší připájet čidlo světla provizorně přes plochý kablík, aby se v budoucnu dalo snadno rozpojit a předělat do přesné pozice proti čočce.

Podobně postupovat i s čidlem BME - tam ale na přesnosti až tak moc nezáleží.

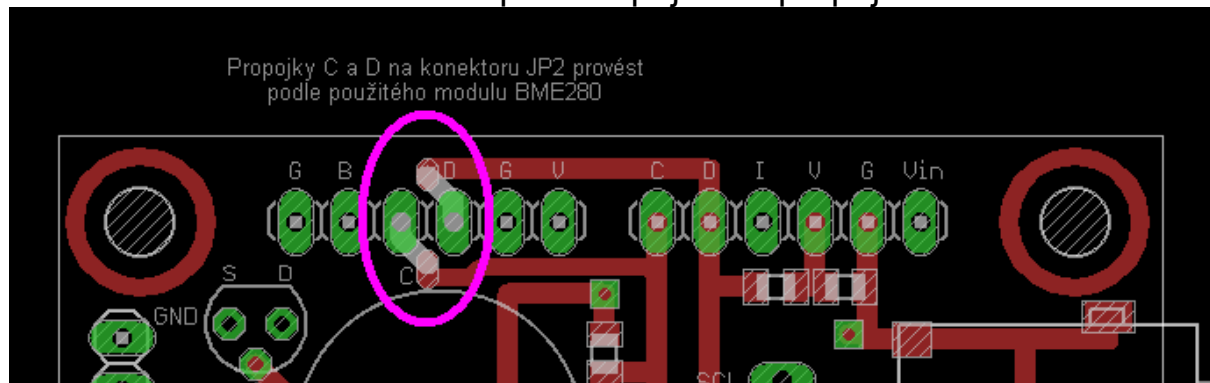


U modulu s čipem BME280 pozor na komunikační piny SDA a SCL.
Měl jsem dva stejně označené moduly, které ale měly komunikační piny prohozené.

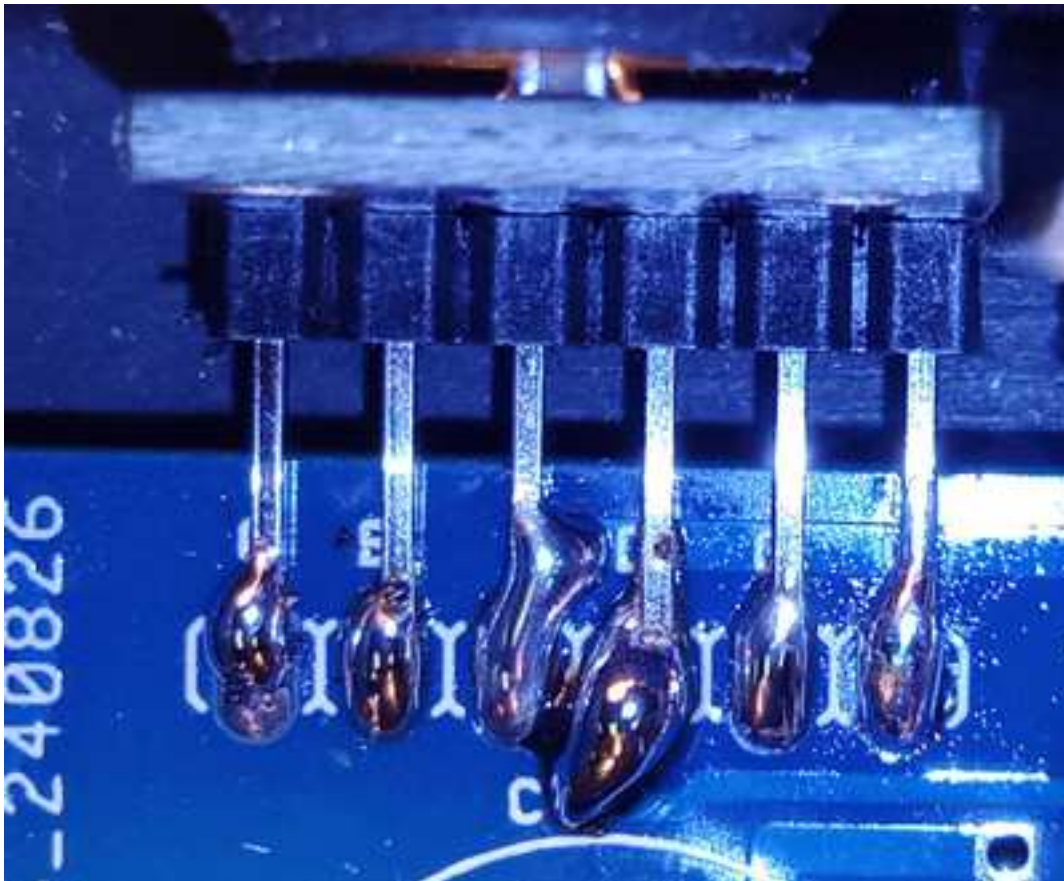


rozdílně zapojené komunikační piny

Od verze desky SQM-BAS-5 je proto umožněna volba připojení signálů SDA a SCL pomocí pájecích propojek.



čínové propojky umožňují podle potřeby prohodit komunikační signály



pájecí propojky C a D propojené na správné piny

Když bude použit kompas s čidlem náklonu, připojit ho k desce SQM-BAS-7 přes 6cm dlouhý, 4-žilový plochý kablík.



Kablík nepájet skrz dírky do modulu, ale naplocho ze strany součástek, aby spodní strana zůstala rovná.

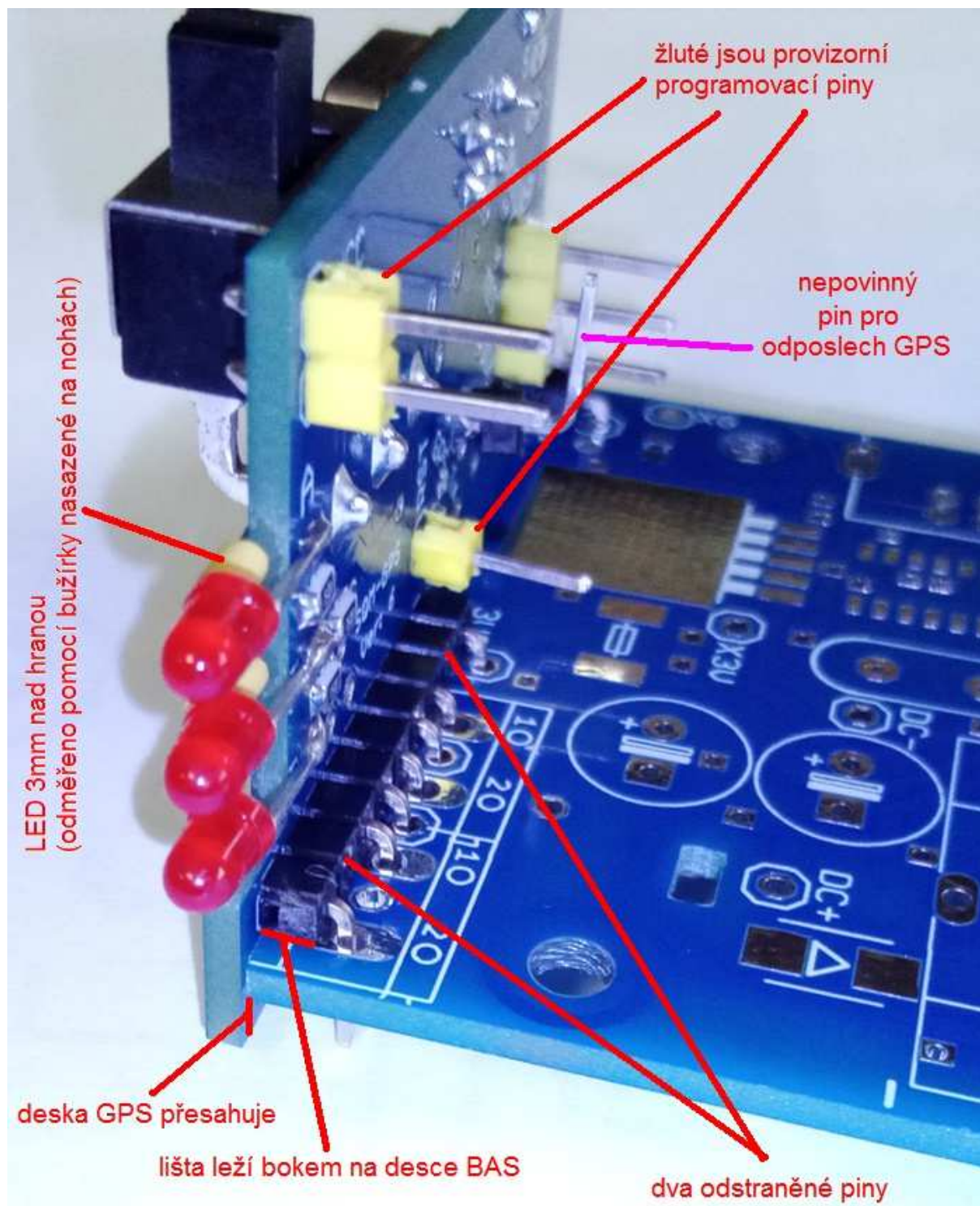
Modul LSM303 se ve finále přilepí (tavným lepidlem) na desku SQM-DIS (přímo na obvod pro řízení displeje TM1637).

Šroubek pro připevnění desky displeje pod modulem LSM303 nepoužívat. Mohl by ovlivňovat magnetické pole kompasu.



modul kompasu nalepený na displejové desce (na obvodu TM1637)

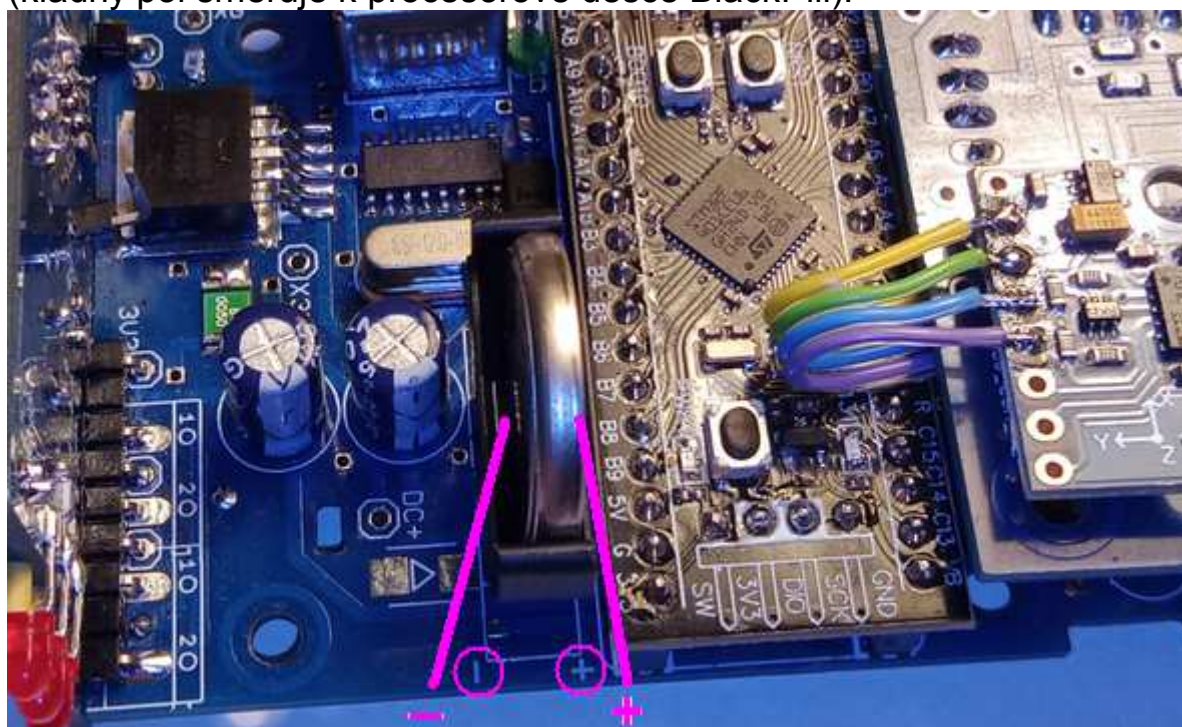
Sestavit všechny použité desky dohromady (SQM-BAS-7 + SQM-GPS-6 + SQM-DIS-3). Při sestavování SQM-GPS-6 a SQM-BAS-7 dbát na dokonalou kolmost obou desek, aby přepínač pasoval do otvoru v horním víku krabičky.



Zasunout naprogramovanou procesorovou desku BlackPill do patice.
POZOR, ABY SE NEZASUNULA O PIN VEDLE!

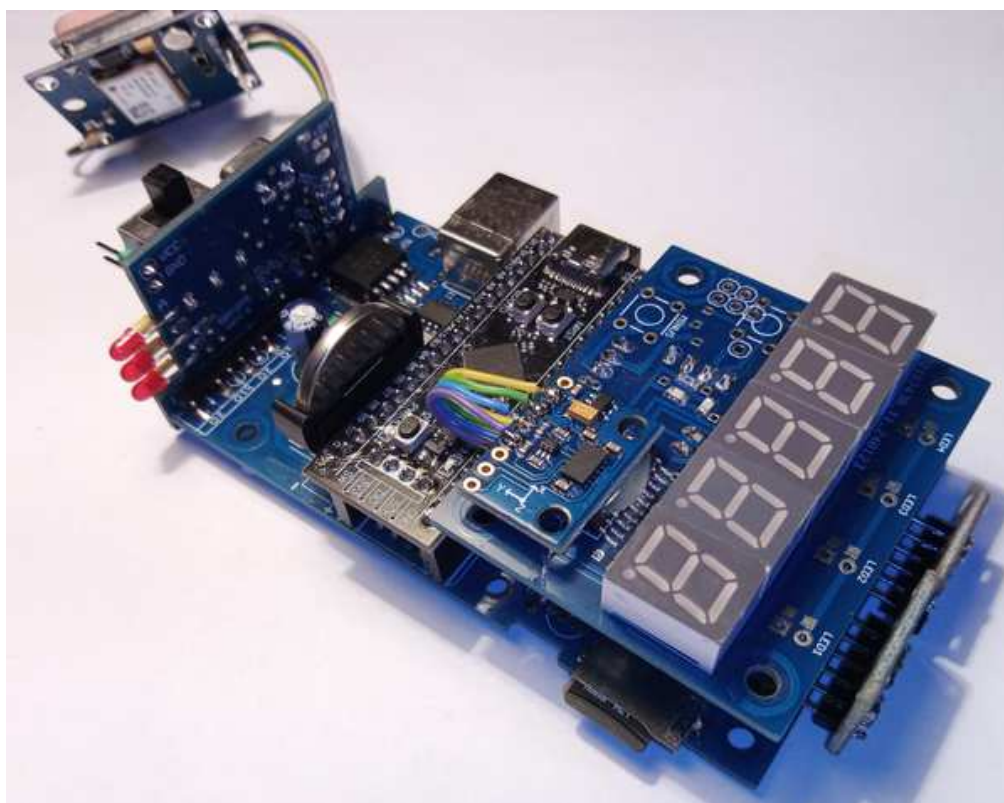
Zasunout zformátovanou SD kartu do držáku (pokud je držák SD karty osazen).

Do držáku baterie vložit článek CR2032
(kladný pól směřuje k procesorové desce BlackPill).



polarita zálohovacího článku je vyznačena i na plošáku

Celá sestava je v této fázi mimo krabičku a zatím ještě bez připojených tlačítek a napájecích drátů (DC JACK, 9V klip).



První spuštění

Provést první připojení sestavy desek a čidel přes USB konektor na desce SQM-BAS-7 do PC.

Při prvním zapnutí napájení se automaticky provede nastavení základních parametrů a kalibračních konstant. Při tomto nastavování, které trvá asi 30 sekund, se na prostřední segmentovce displeje (pokud je použitý) zobrazí rotující obdélník.

Zároveň s tím bliká RGB LED (pokud je osazena) a pípák (pokud je osazený) bzuká různě vysokými tóny.

Ukázkové video na YouTube

<https://youtu.be/DSOx0NLRg6o>

Když je něco špatně, zobrazí se na displeji chybové hlášení

- "noSd" = není zasunuta SD karta
(není to chyba, jen upozornění, program bude pokračovat dál)
- "Err-i" = chyba I²C komunikace
(zkrat na signálech SDA, SCL, vadná paměť, problém na čidlech)

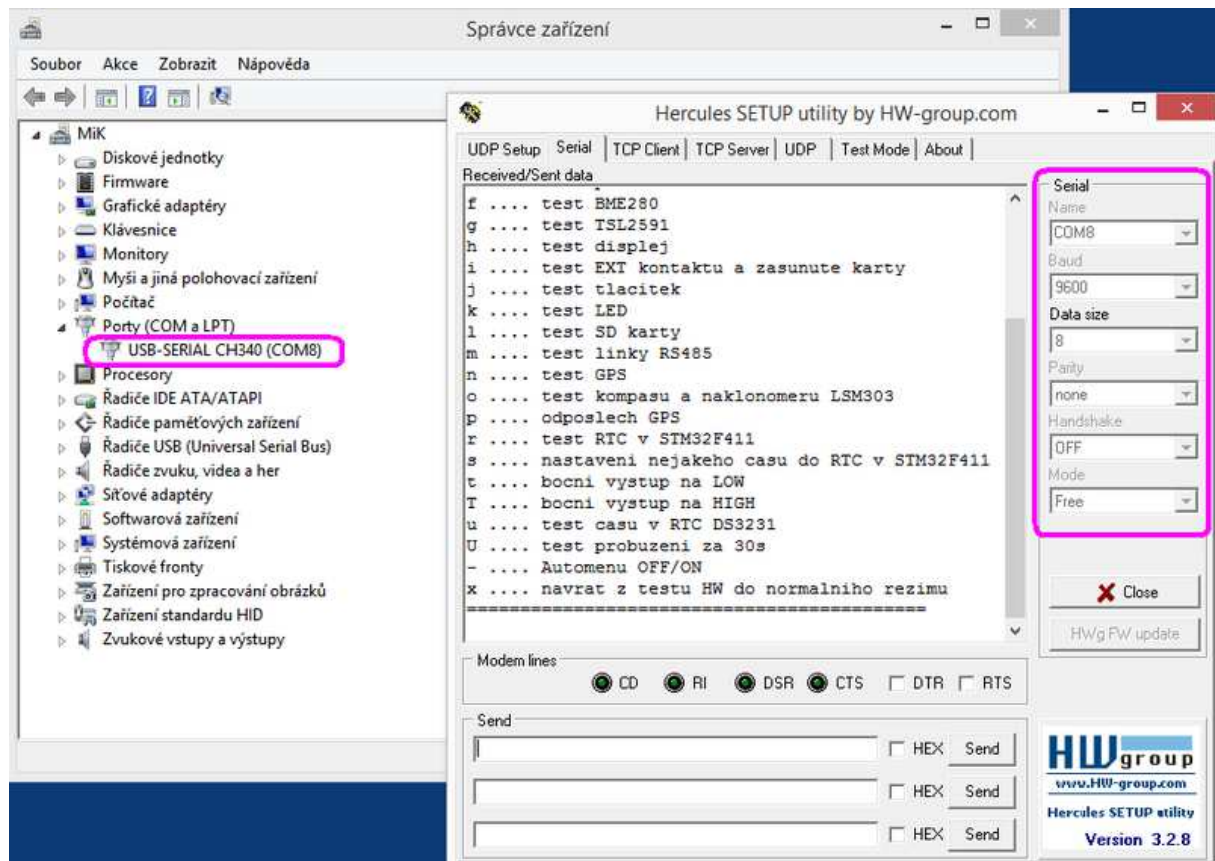
Ve variantě bez displeje bliká při chybě I²C komunikace modrá LED a pískák v sekundových intervalech pípá vysokým tónem.

Pokud není vůbec žádná reakce (displej je zhasnutý, LED neblíká, pípák nepípá) odpojit USB kabel a hledat problém.

- zkrat na napájení
- vadná, nebo špatně naprogramovaná deska BlackPill
- deska BlackPill zasunutá o pin vedle
(v tom případě už je pravděpodobně na vyhození)

Když je všechno v pořádku, program se po nastavení defaultních parametrů restartuje a přejde automaticky do testovacího režimu (na displeji svítí nápis "tEst", LED 5x rychle zeleně zabliká, pípák 5x bzukne hlubokým tónem).

Na PC spustit sériový terminál (číslo COM portu podle nově vytvořeného portu ve správci zařízení, rychlost 9600).



V terminálu by se mělo mělo zobrazit menu s ovládacími znaky. Pokud se nezobrazí (terminál nebyl v době výpisu textu ještě spuštěný), odeslat do sériového terminálu nějaký nepoužitý znak (například '0') a menu se zobrazí znova:

```

===== M E N U =====
a .... sken I2C
b .... test A/D
c .... test EEPROM 128k
d .... test extra EEPROM (r30s)
e .... test piskak
f .... test BME280
g .... test TSL2591
h .... test displej
i .... test EXT kontaktu a zasunute karty
j .... test tlacitek
k .... test LED
l .... test SD karty
m .... test linky RS485
n .... test GPS
o .... test kompasu a naklonomeru LSM303
p .... odposlech GPS
r .... test RTC v STM32F411
s .... nastaveni nejakeho casu do RTC v STM32F411
t .... bocni vystup na LOW
T .... bocni vystup na HIGH
u .... test casu v RTC DS3231
U .... test probuzeni za 30s
- .... Automenu OFF/ON
x .... navrat z testu HW do normalniho rezimu
=====

```

Provést základní testy osazených periférií.

Detailní popisy testů jsou uvedeny v kapitole HW testovací funkce v návodu k obsluze (soubor "[sqm_obsluha.doc](#)").

Odesláním znaku 'x' se testovací režim ukončí.
Kdykoliv později je možné ho znova spustit příkazem **@T** odeslaným do USB sériové linky.

V této fázi už by měly být v SQM nastaveny defaultní parametry, jako je počet průměrování, domácí souřadnice (50°sš / 15°vd), časové zóny, ...)

Paměť pro data je ale stále zaplněna nesmyslnými hodnotami (pravděpodobně je zaplněna hodnotami 0xFF).

Je nutné paměť přeformátovat. Pro první formátování slouží příkaz **#FH**. Paměť se tím rozdělí na bloky, jejichž délka odpovídá počtu ukládaných parametrů.

Tato operace trvá asi 20 minut. Během činnosti běží na displeji odpočet a v sériovém terminálu je vidět postupně se zaplňující bargraf.

Další operací je formát přídatné EEPROM pro režim "R30s" (pokud je použita) příkazem **%F**.

Tento formát je - vzhledem k menší velikosti paměti - výrazně rychlejší. Dokud formát neproběhne, není možné režim "R30s" používat.

Dál se musí nastavit čas. Nejdřív se zvolí časová zóna (pokud se jedná o střední Evropu, tak stačí jen příkaz **z0** pro "zimní" čas, nebo **z1** pro letní čas.)

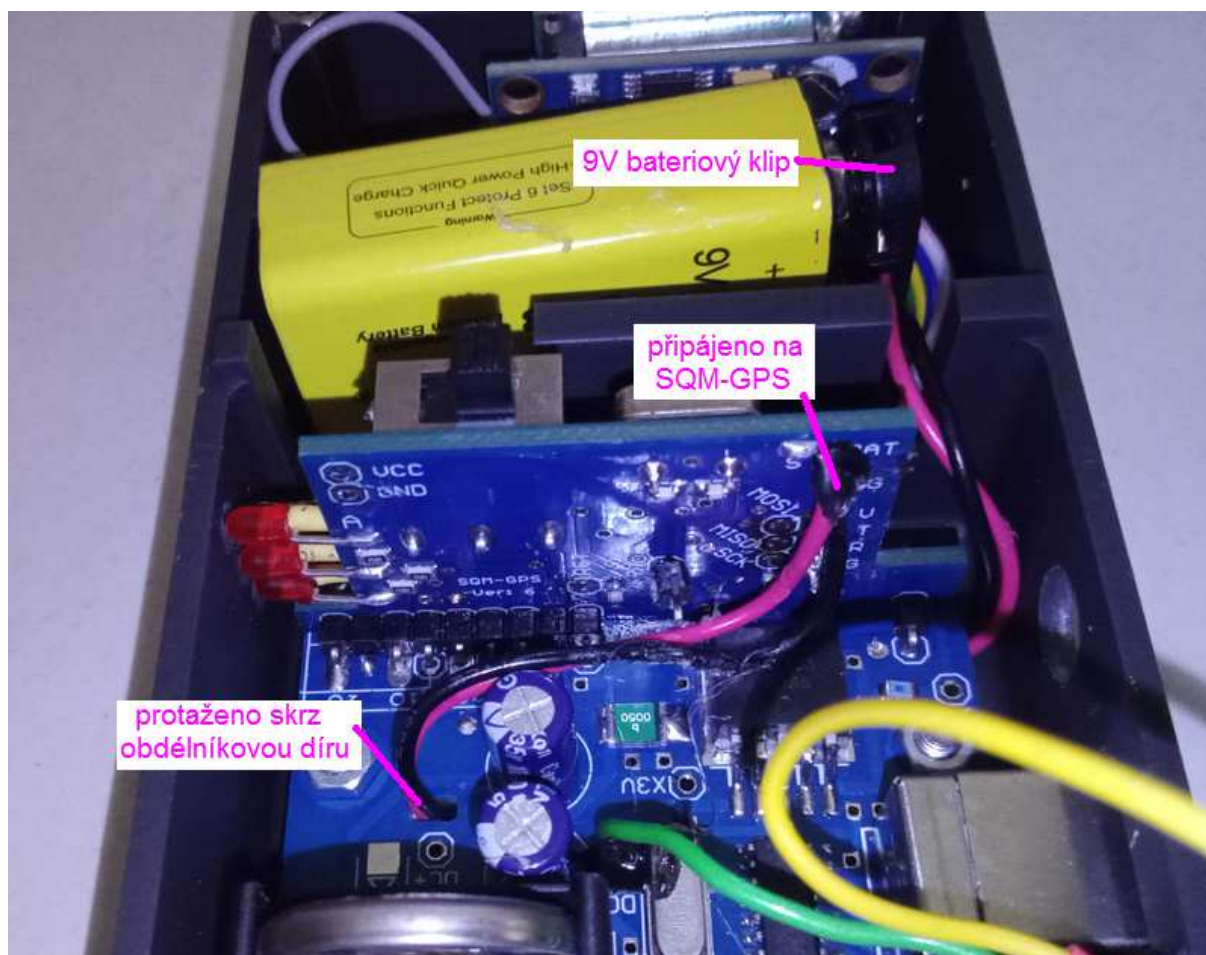
Pokud by se jednalo o jiné zóny, je nutné je nejdřív nadefinovat (popsáno v návodu pro obsluhu (soubor "[sqm_obsluha.doc](#)", kapitola "[Popis komunikace přes USB](#)").

Když je nastavena správná časová zóna, nastaví se alespoň na hrubo aktuální místní čas příkazem **#Tyyyymmddhhnss** (detaily opět v návodu k použití).

Tím je provedeno základní nastavení a je možné připojit tlačítka a napájecí konektory.

Když není použita deska SQM-GPS, připájí se klip 9V baterie na desku SQM-BAS do místa svorkovnice (svorky "+BAT" a "GND").
Když je použita deska SQM-GPS, připájí se klip 9V baterie na ní (svorky "BAT" a "G" vedle servisního kontaktu).

Vývody od bateriového klipu se mohou pro zvýšení mechanické odolnosti protáhnout přes obdélníkovou díru v plošném spoji SQM-BAS, která tam byla pro tento účel připravena.



připojení bateriového klipu na desku SQM-GPS

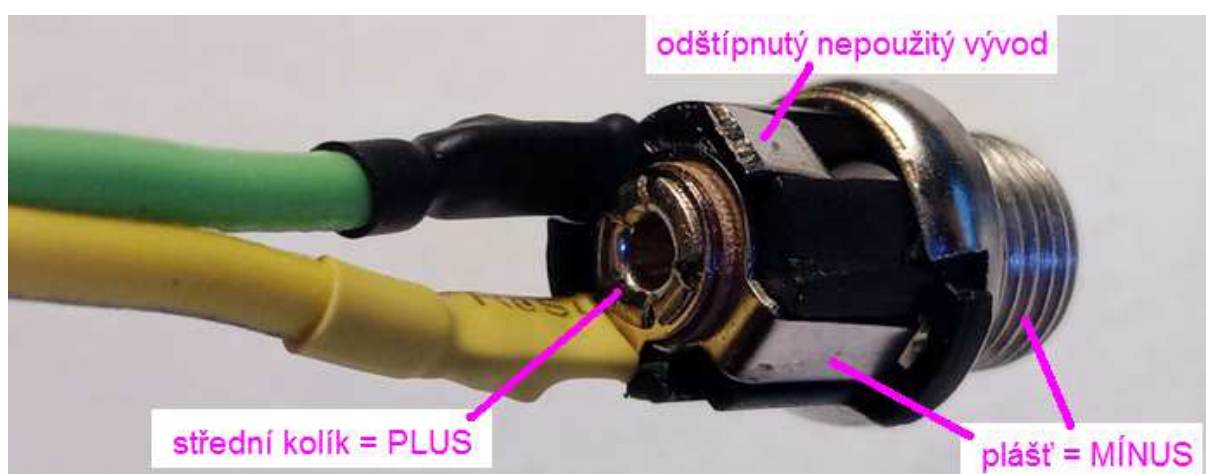
Na plošném spoji SQM-BAS jsou připraveny i připojovací body pro volitelné externí napájení (5V až 30V).

Používám je pro připojení 12V akumulátoru od dalekohledu přes napájecí DC Jack.

Na plošném spoji jsou body pro připojení tohoto napětí označeny jako DC-, DC+ a DC++.

Na bod DC- se připojí záporný pól napájecího konektoru.

DC+ nebo DC++ slouží k připojení kladného pólu napájecího konektoru. Rozdíl v těchto bodech je v tom, že pin DC+ je vypínatelný bočním přepínačem. Pin DC++ je na poloze bočního přepínače nezávislý (SQM je zapnuté vždycky, když je na napájecím konektoru napětí).



připojení vodičů na DC JACK

V podkladech pro 3D tisk je otvor pro napájecí konektor jen naznačen a v případě, že se použije, se musí ručně dovtat na průměr 8mm (obrázek níže v kapitole "[Mechanika - krabička](#)").

Před zašroubováním tlačítek do horní části krabičky je dobré provést vybarvení předlisovaných nápisů. S těmito věcmi nemám moc zkušeností, ale osvědčilo se mi zaplnit prolisy obyčejnou plastelínou a přeleštit pak celý povrch hadříkem. Po čase plastelína vyschne a stane se odolnější proti otěru.



plastelína v prolisech víčka krabičky

Tlačítka se pak zašroubují do připravených otvorů. Propojení tlačítek s deskou SQM-DIS-3 může být provedeno pomocí 6-žilového, nebo 4-žilového plochého kablíku. Kablík by neměl být moc dlouhý, protože v krabičce není dostatek místa. Doporučuji asi tak 10cm. V případě použití 4-žilového se musí společný pól (GND) propojit přímo na tlačítkách. Při použití 6-žilového kablíku jsou na desce SQM-DIS-3 připraveny samostatné otvory pro každou žílu.

Schéma připojení tlačítek je obsažené v dokumentech z webového konfigurátoru

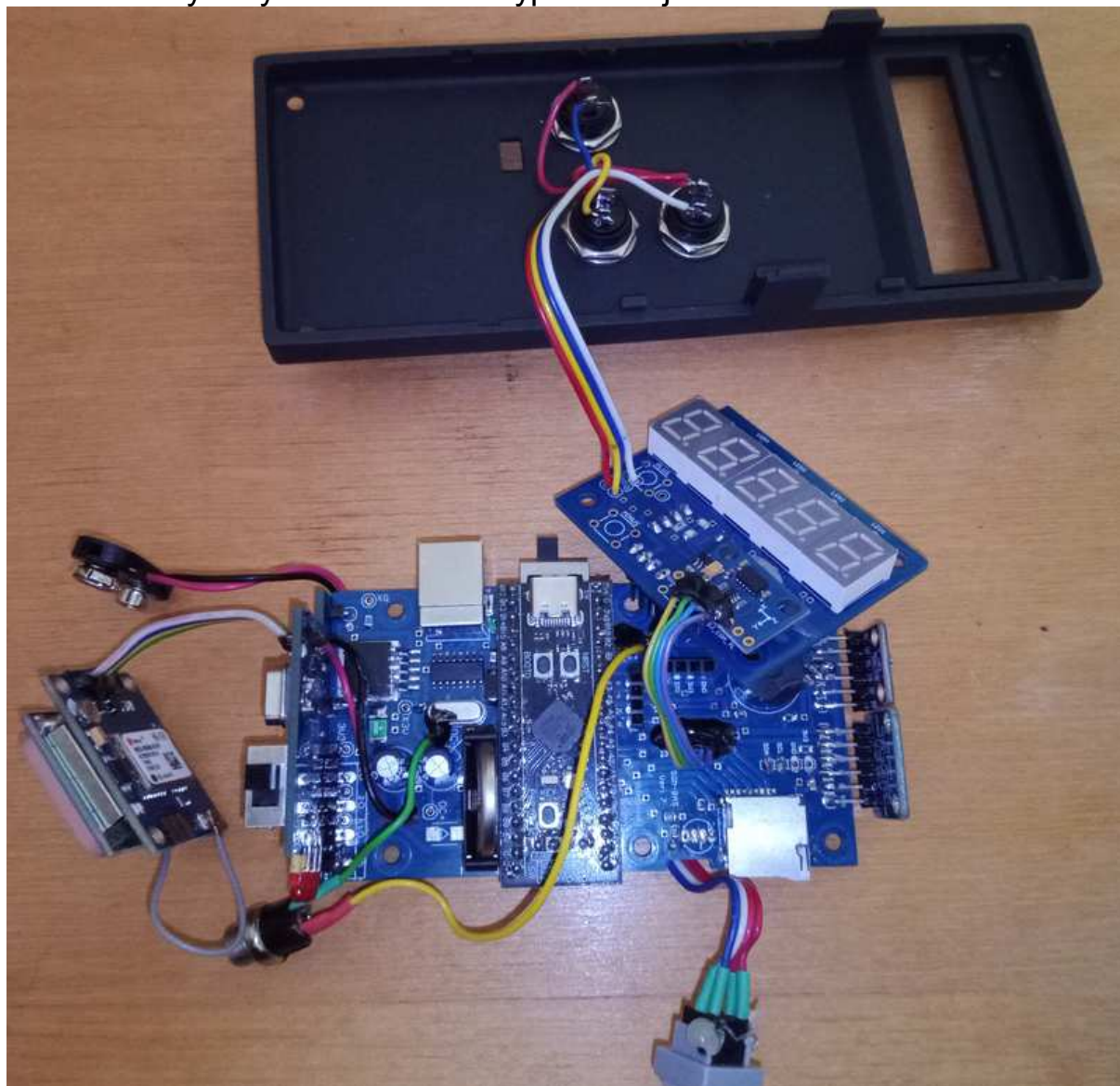


*Připojení 4-žilovým plochým kablíkem.
(Společné GND je propojené na tlačítkách - červený drát.)*



*Propojení 6-žilovým plochým kablíkem.
Každé tlačítko má 2 samostatné dráty, spojení GND je až na desce DIS.
(fotografie starší verze krabičky)*

V této fázi by tedy sestava měla vypadat nějak takto:



připojená tlačítka, napájecí DC JACK, bateriový klip, GPS modul NEO s anténou, modul náklonoměru přilepený na SQM-DIS, boční dvojtlačítko

Kabely je vhodné mechanicky zafixovat (osobně používám tavné lepidlo do míst, kde jsou kabely připájeny k desce).

Nejnamáhanější bude asi připojení tlačítek na víku krabičky. Při každém otevření krabičky (výměny baterií) bude docházet k ohýbání vodičů a namáhání spojů. Proto je nutné tyto spoje zafixovat pečlivěji na obou stranách.

Mechanika - krabička

Když má být použitý napájecí DC-JACK, musí se v krabičce ručně dovtat díra průměr 8mm. Poloha díry je naznačena na vnitřní straně krabičky.



naznačená díra pro DC JACK

naznačená díra pro DC JACK

Pomocí šroubů M3x8 se zápustnou hlavou se do rohových děr ve spodní části krabičky přišroubují sloupky 30mm - díra/díra.



*4 rohové sloupky s dírami M3 / 30mm pro sešroubování horní a dolní části krabičky.
Díra pro DC JACK vyvrtaná.*

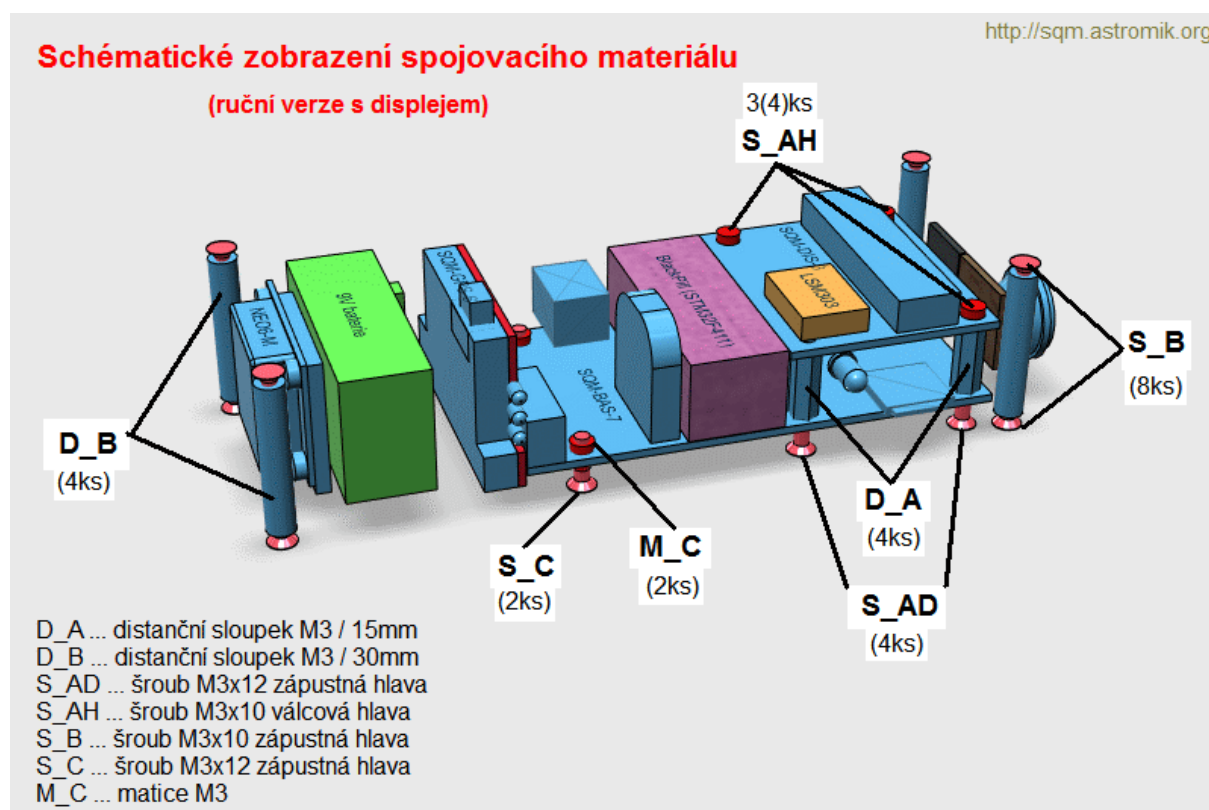
Deska SQM-DIS je v této fázi rozpojena v konektorech a visí na kablíku s čidlem náklonu. Zároveň je deska SQM-DIS připojena k tlačítkům v horním dílu krabičky.

SD kartu před vložením desek do krabičky vyndat - je tam málo místa a mohla by se vzpříčit.

Sestava desek se pak vloží do krabičky.

Pomocí šroubů M3x12 se záпустnou hlavou se deska SQM-BAS přišroubuje ke spodnímu dílu krabičky. V místech, kde je displej se pro přišroubování použijí sloupky délky 15mm - díra/díra.

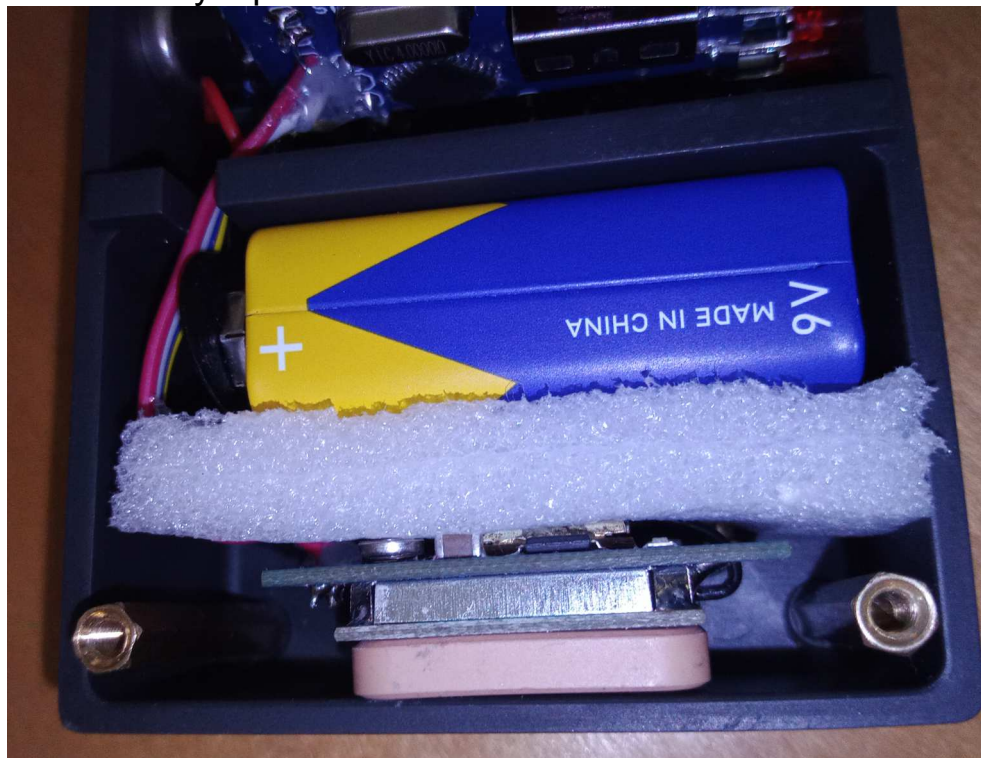
Přes zbylé 2 díry se deska SQM-BAS přišroubuje obyčejnými maticemi M3.



Deska SQM-DIS se zasune do konektorů a přišroubuje se třemi nebo čtyřmi šrouby M3x10 s válcovou hlavou.

Když je použitý modul kompasu, šroub se pod něj nedává, protože by mohl ovlivňovat měření magnetického pole.

Přepážka ve spodní části krabičky slouží k oddělení 9V baterie. Vedle baterie je uložen GPS modul NEO-6M. Baterie a GPS modul jsou pak proti pohybu zajištěny ještě kouskem nějakého pěnového materiálu. Tento materiál slouží zároveň jako izolace mezi kovovým pouzdem baterie a součástkami na modulu NEO-6M



Modul náklonoměru s kompasem LSM303DLHC

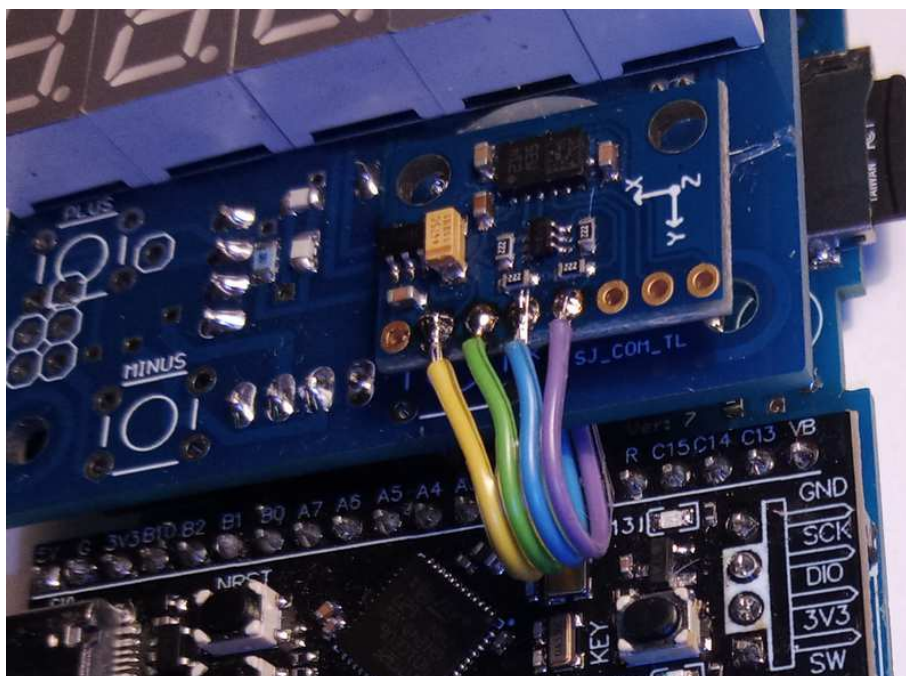
Měření magnetického pole je ovlivňováno kovovými objekty uvnitř krabičky (9V baterie, piezo pískák....).

Modul s čidlem je proto nutné umístit co nejdál od těchto předmětů.

Jako nejvýhodnější umístění se zdá být nalepení modulu přímo na obvod TM1637 na displejové desce. Zarovnání desky před nalepením podle hrany obvodu zlepšuje přesnost měření náklonu.

Šroub pro připevnění desky displeje, který by se nacházel pod modulem, v tomto případě raději nepoužívejte, protože by mohl ovlivňovat měření.

Připojení je provedeno pomocí plochého 4-žilového kablíku.



Modul LSM303 je nalepený na obvodu TM1637

Důležité upozornění:

Program je upraven pro konkrétní typ čipu: LSM303**DLHC**
Ostatní obvody LSM303... mohou mít jinak uspořádané registry, nebo se jim nastavuje jiná citlivost.

Případné úpravy pro jiný typ čidel je možné provést v souboru "**kompas.ino**" v následujících podprogramech:

```
naklon_setup()  
kompas_setup()  
nacti_3D_zrychleni()  
nacti_3D_magnet()
```


Kalibrace náklonoměru:

Náklonoměr se kalibruje přes sériovou linku příkazem **#Nk** .

Po zadání příkazu **#Nk** se spustí průvodce, který má ale jen 2 kroky:

- 1) položit krabičku horizontálně a odeslat libovolný znak do sériové linky:

```
Poloz SQM horizontalne  
>>
```

- 2) položit krabičku vertikálně a odeslat libovolný znak do sériové linky:

```
Postav SQM svisle  
>>
```

Hodnoty zrychlení jsou po kalibraci uloženy do EEPROM na adresy 612 až 623 odkud jsou při každém zapnutí obnoveny.

Adesy jsou nadefinovány v programu va řádkách:

```
#define eeaddr_naklon_horiz      612UL  
#define eeaddr_naklon_vert      618UL
```

Náklonoměr je možné kalibrovat i přes menu.

Popsáno v kapitole "[Menu - Úhel](#)"
v dokumentu "[sqm_obsluha.doc](#)".

Kalibrace kompasu:

Kalibraci kompasu je také možné spustit dvěma způsoby:

- 1) přes sériovou linku příkazem **#Mk**
- 2) přes menu pomocí tlačítek na krabičce

Po zadání příkazu **#Mk** se začne měřit síla magnetického pole ve všech třech osách magnetometru. Zároveň se zaznamenávají minimální a maximální hodnoty magnetické síly v každé ose (extrémy). Během této operace je nutné s krabičkou otáčet ve všech směrech (podobně, jako se kalibruje kompas v mobilním telefonu).

Pokud se při měření po dobu 10 sekund žádný extrém neobjeví, dojde k automatickému ukončení kalibrace a zápisu zjištěných extrémů do EEPROM.

Při každém zjištění nového extrému se odpočet nastavuje zpátky na 10 sekund.

Ve výpisu se zobrazují extrémy ve všech 3 osách a 10-sekundový odpočet (řádky s hvězdičkou).

Pořadí vypsání hodnot je: minimum os x, y, z, maximum os x, y, z.

Příklad výpisu do sériové linky:

```
231 ; -1276 ; -683 ; 957 ; -442 ; -183
231 ; -1276 ; -683 ; 1099 ; -442 ; -183
231 ; -1276 ; -683 ; 1099 ; -208 ; -183
231 ; -1276 ; -683 ; 1099 ; -173 ; -15
231 ; -1276 ; -683 ; 1099 ; -128 ; -15
114 ; -1276 ; -683 ; 1099 ; -128 ; -15
100 ; -1276 ; -683 ; 1099 ; -128 ; -15
100 ; -1276 ; -696 ; 1099 ; -128 ; -15
100 ; -1276 ; -698 ; 1099 ; -128 ; -15
*9
*8
*7
100 ; -1276 ; -724 ; 1099 ; -128 ; -15
*10
*9
*8
*7
52 ; -1276 ; -724 ; 1099 ; -128 ; -15
24 ; -1276 ; -724 ; 1099 ; -128 ; -15
*10
*9
*8
*7
*6
```

Účelem je najít polohu pro co největší rozdíly v každé ose. Čím větší rozdíly se naleznou, tím je následný výpočet azimutu přesnější.

Druhou možností provedení kalibrace kompasu je vstup do menu (dlouhý stisk tlačítka [OK]), nalistování položky kompas ("CoMPA"), Potvrzení položky dlouhým stiskem [OK].

Na displeji se začne zobrazovat azimut spočítaný ze starých kalibračních hodnot. Při tomto zobrazení se stiskne a na několik sekund přidrží tlačítko [nahoru]. Aby nedošlo k náhodnému nechtěnému spuštění kalibrace, zobrazují se před spuštěním výstražné pomlčky na displeji. Na displeji problikne nápis "C-CAL" (kompas - kalibrace).

A red LED display showing the text "C-CAL" in a segmented font.

Pak se začne zobrazovat 10-sekundový odpočet.

Při tomto odpočtu je nutné opět otáčet krabičkou ve všech směrech a hledat extrém magnetického pole ve všech osách.

Když extrém není nalezen, probíhá odpočet. Při nalezení extrému se odpočet vrací zpátky na 10 sekund.

A red LED display showing the text "CAL. 8" in a segmented font.

Po doběhnutí odpočtu do 0 se vyhodnotí, jestli jsou zjištěné extrém dostatečné pro kvalitní výpočet azimutu.

Pokud ne, zahlásí SQM chybu "Err-C" (chyba kompasu) a nastaví se defaultní kalibrační hodnoty. V tom případě se na kompas nedá spolehnout.

Expanzní deska s více čidly světla

NEOVĚŘENO

Pevně nainstalované SQM by mělo být připraveno pro obsahu až 7 různě nasměrovaných čidel světla TSL2591.

Tato čidla jsou připojena přes expander MCP23017 k I²C sběrnici.

Protože u čidel světla není možné měnit adresu, zkusil jsem komunikační piny (SDA a SCL) všech čidel paralelně spojit. Napájení každého čidla je ale řešeno přes I²C expander MCP23017.

Pro vypnutí všech čidel se všechny piny expanderu (*PORT_A* i *PORT_B*) přepnou na vstup bez vnitřních Pull-Up odporů. Žádné z čidel tedy nemá napájení.

Pro zapnutí jednoho konkrétního čidla se jeden pin z *PORT_A* nastaví na výstup a přepne se do LOW. Stejný pin, ale na *PORT_B* se také přepne na výstup a nastaví se do HIGH. Jedno z čidel tím získá napájení a začne komunikovat.

Odběr čidla světla je tak malý, že to výstupy MCP23017 utáhnou.

Testování funkce proběhlo jen na 3 čidlech na nepájivém poli. Předpokládám ale, že by neměl být problém s připojením více čidel.

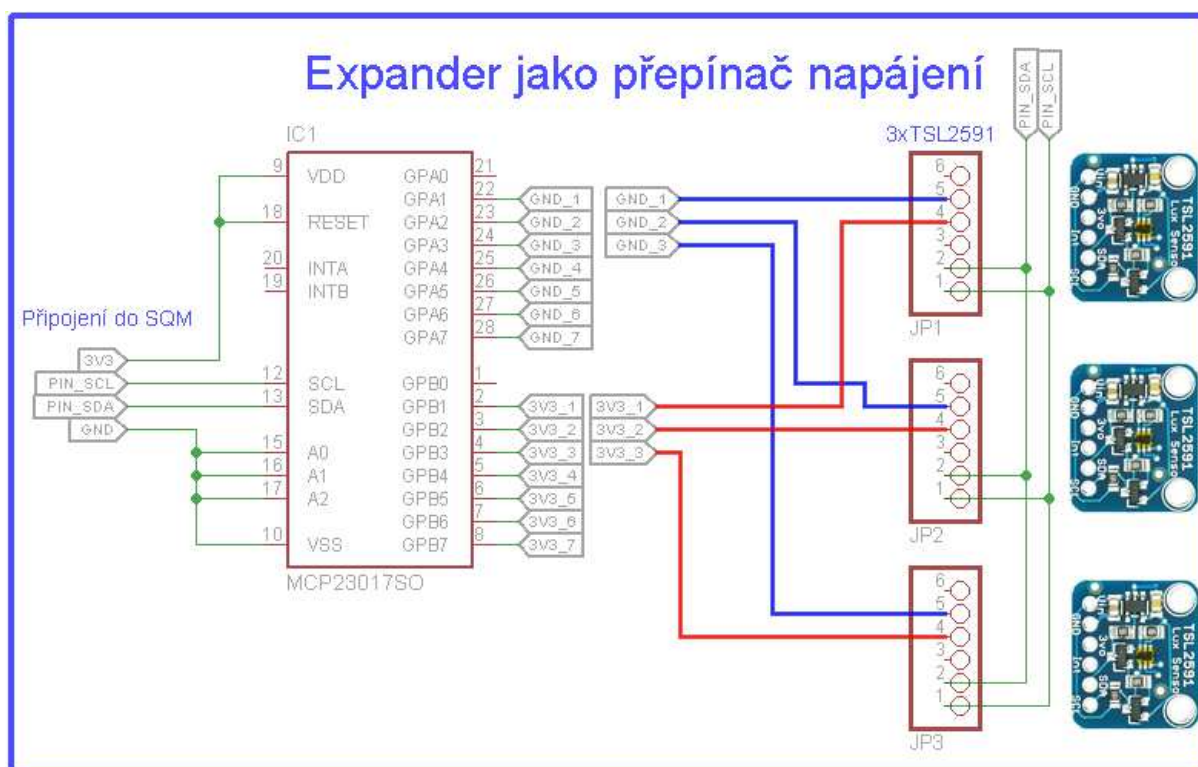


schéma zapojení expanzní desky se 3 naznačenými čidly

Záměrně jsem piny GPA0 a GPB0 nepoužil, takže index čidla světla odpovídá číslování pinů (například čidlo s indexem 4 je napájeno z pinů GPA4 a GPB4).

Při použití expanzní desky s více čidly světla není možné použít čidlo světla na desce SQM-BAS. Takové čidlo by bylo trvale napájené a pak by se na I²C sběrnici nacházely dvě čidla se stejnou adresou, což je zakázané.

Na nastavení počtu čidel se používá příkaz "**@X n**", kde *n* je počet čidel od 1 do 7. Při pokusu o nastavení počtu čidel na 0, nebo při odeslání příkazu "**@X**" bez parametru, se automaticky vloží 1 čidlo. Detailnější popis v návodu pro obsluhu (soubor "[sqm_obsluha.doc](#)", kapitola "[Popis komunikace přes USB](#)").

Pro přepínání čidel na expanzní desce se používají příkazy "**e**", nebo "**@E**".
Detaily opět v návodu pro obsluhu (soubor "[sqm_obsluha.doc](#)", kapitola "[Popis komunikace přes USB](#)").

Při použití pouze jednoho čidla se vypínají expanzní funkce a předpokládá se, že se jedná o jedno čidlo na základní desce SQM-BAS.

Popis elektroniky

O napájení se stará blok se Step-Down měničem napětí AP1501. Na vstupu je tento měnič chráněn transilem proti překročení napětí 40V. Na výstupu dodává napětí 3,3V, které slouží jako základní napětí pro celé SQM.

Po připojení USB kabelu se na pin SD (ShutDown) tohoto měniče přivede napětí, které měnič vypne. V takovém případě je pak hlavní napájecí napětí 3,3V vytvářeno pomocí stabilizátoru přímo na procesorové desce BlackPill.

Měření stavu baterie je řešeno přes napěťový dělič, který je tvořený odpory R7 a R8. Podle úrovně napětí na tomto děliči se signalizuje stav baterie.

Protože je ale měření napětí na analogových vstupech závislé na napájecím napětí, bylo nutné do systému přidat ještě referenční napětí. Referenční napětí se získává pomocí Zenerovy diody DZ1 a odporu R9. V okamžiku, kdy je napětí baterie tak malé, že už měnič není schopný dodávat 3,3V, dojde k tomu, že procesor začne toto referenční napětí vyhodnocovat vůči napájení tak, jakoby se zvyšovalo. V tom okamžiku je to signál pro program, že má nezávisle na napětí na děliči zahlásit velice špatný stav baterie.

Dále bylo nutné zajistit, aby při připojení USB kabelu byl stav baterie hlášen jako "Velmi dobrý". To jsem nakonec vyřešil tak, že se část USB napětí přenesla na výstup děliče R7/R8 a tím bez problémů "přebije" napětí na výstupu vypnutého měniče.

Při výrobě vzniknul problém s tím, že se napájecí napětí pro procesor (3,3V) dostávalo přes nějaké vnitřní obvody v procesoru až na USB konektor, to způsobovalo vypínání měniče. Diody D4, D5 a D1 byly proto použity, aby tomuto zpětnému napájení zabránily. Signál "VBUS-FUSE" je tedy jednosměrně oddělený a žádné napětí z procesoru se na něj už dostat nemůže.

Vnitřní hodiny vyžadují zvláštní zdroj napájení. V případě bateriově napájené verze SQM toto napájení zajišťuje knoflíková baterie CR2032. v tom případě se neosazují R11, D6 a D7.

Pokud se ale jedná o trvale napájenou variantu SQM, je plošný spoj připraven na osazení superkapacitoru, který baterii nahrazuje.

V tom případě se R11, D6 a D7 osadí.

Superkapacitor je udržovaný v nabitém stavu z napájecího napětí přes D6 a R11. Když dojde k výpadku napájení, začne dodávat napětí pro hodiny přes diodu D7.

Základ celého zařízení tvoří procesor STM32F411CEU, který je součástí desky BlackPill. Alternativně je možné použít i desku s procesorem STM32F401CEU. V programu se používají jen funkce, které zvládají oba procesory.

Jako čidlo světla je použitý obvod TSL2591. Obvod je osazený na samostatné destičce, která se kupuje jako funkční celek. S procesorem komunikuje přes I²C.

Jako nepovinné čidlo teploty, vlhkosti a tlaku je použitý obvod BME280. I ten je dodáván na samostatné destičce a komunikuje s procesorem přes I²C.

Záznamy se ukládají do I²C EEPROM s kapacitou 128kB.

Pokud je zasunutá mikro SD karta, ukládají se na ní data v čitelném textovém formátu (CSV soubor).

Držák karty má vyvedený pin pro testování zasunuté karty. Když není karta při zapnutí napájení zasunutá, zobrazí se na displeji varování.

USB komunikaci zajišťuje převodník CH340G v katalogovém zapojení. Na TTL straně jsou využity jsou jen piny Tx a Rx. Ostatní řídicí signály nejsou použity.

Případnou komunikaci RS485 zajišťuje obvod MAX3485 (3V úroveň signálů).

I tento převodník je v katalogovém zapojení. Doplněny byly pouze ochranné transily na vstupech. Osazením odporu R3 (100R) je možné zakončit sběrnici. Společně s ochrannými odpory R1 a R2 je pak výsledná hodnota zakončovacího odporu 120R.

Když něco nebude fungovat:

- 1) Na desce SQM-BAS není napájení 3,3V:
 - Zkontrolovat zapnutí hlavního vypínače.
 - Zkontrolovat správně osazenou diodu D8.
 - Zkontrolovat připojení obvodu AP1501.
 - Zkontrolovat zkrat na napájení na desce.
 - Pro spuštění zdroje musí být noha SD na AP1501 přizemněna přes R13.

- 2) Nefunguje komunikace USB (s propojenými piny PA9 a PA10):
 - Je vidět nový sériový port v PC? Když ne, zkusit přeinstalovat ovladače.
 - Zkontrolovat osazení diody D5.
 - Nemá krystal Q1 nějaký zkrat?

- 3) Nefunguje RS485
(s osazenou a naprogramovanou procesorovou deskou):
 - Běží program v normálním režimu?
(například při spuštěných stopkách je komunikace vypnutá)
 - Zkontrolovat osazení R1 a R2.
 - Je propojená pájecí ploška SJ1? (nepropojuje se jen v případě, že je na lince více SQM. V tom případě stačí zakončit sběrnici na posledním zařízení na lince).

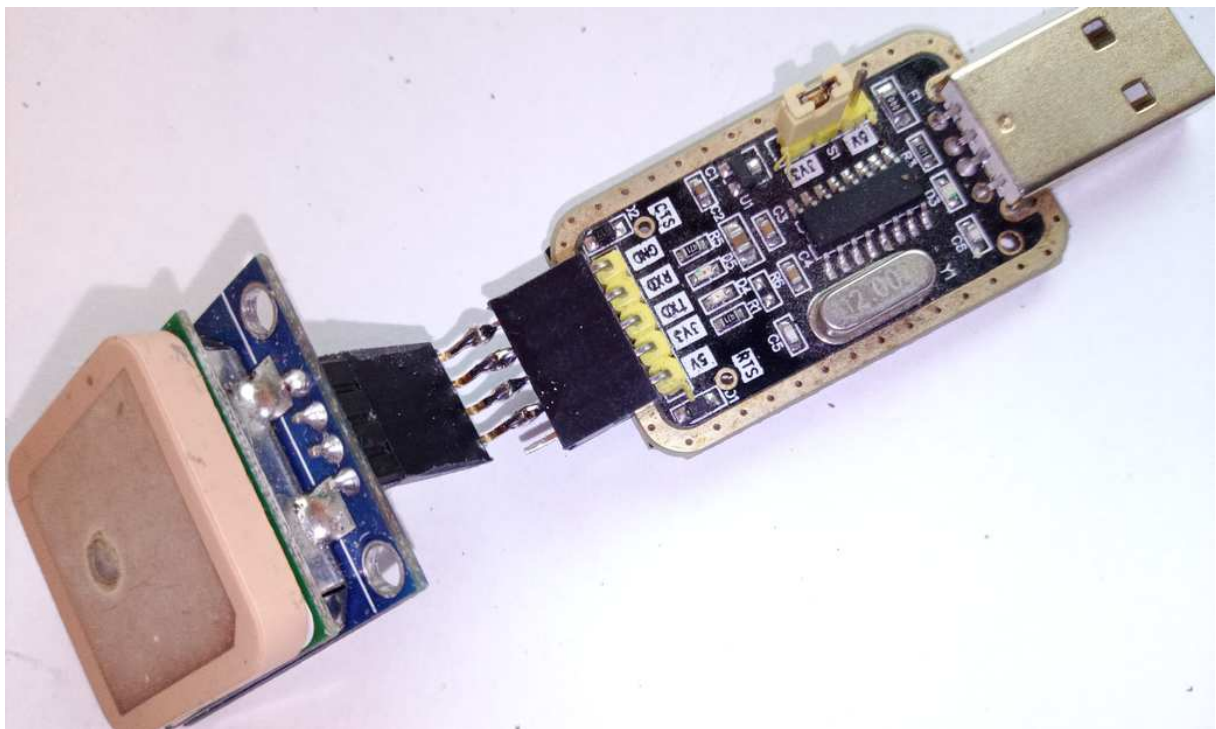
- 4) Na displeji nic nesvítí:
 - Nemá obvod TM1632 nějaký zkrat mezi nohama?
 - Jsou sedmsegmentovky opravdu se společnou ANODOU?
 - Je v pořádku napájení desky SQM-DIS?
 - Není deska zasunutá o pin mimo?
 - Fungují alespoň tlačítka?

- 5) Defaultní parametry je možné do EEPROM zapsat i bez připojení k sériovému terminálu. Stačí při zapnutí napájení držet alespoň 5 sekund společně stisknutá všechna 3 tlačítka ([nahoru], [dolu] a [OK]).

- 6) Do desky GPS nejde nahrát program:
 - zkontrolovat připojení ISP programátoru, nastavení Arduino IDE.
 - Byla provedena změna v konfiguračním souboru boards.txt?
Možná bude nutné Arduino IDE restartovat.

- 7) Po nahrání programu nefunguje servisní reset desky GPS:
- když LED vůbec neblíkají, asi neběží procesor
- odpojit GPS modul a zkontrolovat napájení procesoru a jeho krystal.

- 8) V desce GPS neblíká první LED (servisní reset ale proběhnul):
- Připojit samotný GPS modul NEO-6M k převodníku USB/TTL a nechat v terminálu vypisovat data z modulu
- Měly by se střídat věty GxGGA a GxRMC.
- Problém může být i ve špatně nastavené rychlosti krystalu (úpravy v souboru "boards.txt").



Podle stavu zafixování družic se mohou v terminálu zobrazovat i informace o čase a souřadnicích.

```
Received/Sent data
$GPRMC,,V,,,,,,,,,N*53
$GPGGA,,,,,0,00,99.99,,,,,*48
$GPRMC,,V,,,,,,,,,N*53
$GPGGA,,,,,0,00,99.99,,,,,*48
$GPRMC,,V,,,,,,,,,N*53
$GPGGA,,,,,0,00,99.99,,,,,*48
$GPRMC,,V,,,,,,,,,N*53
```

```
Received/Sent data
$GPRMC,082836.00,V,,,,,,,,,N*7A
$GPGGA,082836.00,,,,,0,00,99.99,,,,*61
$GPRMC,082837.00,V,,,,,,,,,N*7B
$GPGGA,082837.00,,,,,0,00,99.99,,,,*60
$GPRMC,082838.00,V,,,,,,,,,N*74
$GPGGA,082838.00,,,,,0,00,99.99,,,,*6F
$GPRMC,082839.00,V,,,,,,,,,N*75
```

```
Received/Sent data
$GPRMC,083041.00,A,4926.66079,N,01421.99650,E,1.526,94.18,060621,,,A*55
$GPGGA,083041.00,4926.66079,N,01421.99650,E,1,04,20.73,505.9,M,44.3,M,,*68
$GPRMC,083042.00,A,4926.66133,N,01421.99640,E,0.560,,060621,,,A*71
$GPGGA,083042.00,4926.66133,N,01421.99640,E,1,04,20.68,505.9,M,44.3,M,,*6F
$GPRMC,083043.00,A,4926.66194,N,01421.99621,E,1.498,115.34,060621,,,A*61
```

9) Na desce GPS sice bliká první LED, ale ostatní stále svítí.

- je to problém s příjmem GPS signálu.

- první zafixování po delší době nečinnosti trvá obvykle déle.
- většinou pomáhá vynést přístroj pod jasnou oblohu
- když se zafixování nepodaří ani po 15 minutách, zkontrolovat anténu, nebo zkusit připojit nějakou výkonnější
- problém může být i v samotném modulu NEO-6M.

V tom případě ho připojit jako v předchozím bodě 7) přes USB/TTL převodník přímo do počítače a zkusit ho samostatně. Po nějaké době by se měly v přijímaných větách objevit informace o čase a souřadnicích.

10) Při propojení servisní propojky na GPS desce by měly při zapnutí napájení desky GPS LED 5x bliknout frekvencí 1Hz - nezávisle na všem ostatním. Pokud blikají rychleji nebo pomaleji, je špatně nastavená frekvence krystalu.

Změny v návodu

20.1.2025

- upřesnění označení diody D3 (někde značená jako D1),
které se řeže noha pro správné měření napětí zálohovací baterie.
- nevýznamné úpravy textů

5.1.2025

- změna adresy konfigurátoru
- opravy překlepů

18.12.2024

- První zveřejněná verze návodu pro výrobu